



# Liste des abréviations

- **P** : Puissance ;
- **PS** : Puissance Souscrite en kVA ;
- **RP** : Redevance Puissance Souscrite DH ;
- **RDPS** : Redevance de Dépassement de la Puissance Souscrite en DH ;
- **PF** : Prime Fixe annuelle en DH/kVA ;
- **PA** : puissance maximale appelée en kVA ;
- **H.N** : Heure Normale ;
- **H.P** : Heure de Pointe ;
- **H.C** : Heure Creuse ;
- **M** : Montant ;
- **Cons** : Consommation ;
- **BT** : Basse Tension ;
- **HT** : Haute Tension ;
- **MT** : Moyenne Tension ;
- **THT** : Très Haute Tension ;
- **Sph** : Section du conducteur de phase
- **Sn** : Section du conducteur de neutre
- **Ks** : Facteur d'utilisation ;
- **Ku** : Facteur de simultanéité.



# Liste des figures

Figure 1.1 : Structure du groupe Delta Holding.....	p11
Figure 1.2 : Organigramme d'AIC.....	p12
Figure 2.1: Distribution d'électricité d'AIC Métallurgie.....	p15
Figure 2.2 : Schéma du régime de neutre TNS.....	p16
Figure 2.3: Répartition des consommations du poste1 .....	p17
Figure 2.4: Répartition des consommations du poste2.....	p17
Figure 2.5 : Répartition du montant payé par chaque poste horaire pour le poste 1 durant l'année 2014 .....	p19
Figure 2.6 : Répartition du montant payé par chaque poste horaire pour le poste 2 durant l'année 2014.....	p20
Figure 2.7 : Répartition de la consommation par chaque poste horaire pour le poste 1 durant l'année 2014.....	p21
Figure 2.8 : Répartition de la consommation par chaque poste horaire pour le poste 1 durant l'année 2014 .....	p21
Figure 2.9 : Evolution de la puissance maximale appelée durant l'année 2014.....	p23
Figure 2.10 : Répartition de la facturation pour le poste1 durant l'année 2014.....	p24
Figure 2.11 : Répartition de la facturation pour le poste2 durant l'année 2014.....	p24
Figure 2.12: Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite du poste 1 en 2014 .....	p26
Figure 2.13: Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite du poste 2 en 2014 .....	p27
Figure 2.14 : Evolution du cos (phi) pour le poste1 durant l'année 2014 .....	p28
Figure 2.15: Evolution du cos (phi) pour le poste2 durant l'année 2014 .....	p29
Figure 3.1 : logigramme de la détermination de la section d'une canalisation.....	p32
Figure 3.2: chute de tension .....	p34
Figure 3.3 : Schéma simplifié d'un réseau .....	p38
Figure 4.1 : forme d'onde d'une charge linéaire .....	p47
Figure 4.2 : forme d'onde d'une charge non linéaire .....	p48
Figure 4.3 : Dégradation de la tension du réseau par une charge non linéaire .....	p48
Figure 4.4 : Addition des courants harmoniques de rang 3 dans le neutre .....	p49
Figure 4.5 : Caractéristiques de quelques générateurs harmoniques .....	p50
Figure 4.6 : Schéma réel d'une installation .....	p51
Figure 4.7 : Schéma équivalent de l'installation .....	p51



# Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Répartition de la consommation électrique .....	p16
Tableau 2.2 : prix d'électricité par tranche horaire .....	p18
Tableau 2.3 : Répartition du montant payé par chaque poste horaire pour le Poste1 durant l'année 2014.....	p19
Tableau 2.4: Répartition du montant payé par chaque poste horaire pour le Poste2 durant l'année 2014.....	p19
Tableau 2.5: Répartition du montant payé par chaque poste horaire pour le Poste1 durant l'année 2014.....	p20
Tableau 2.6: Répartition du montant payé par chaque poste horaire pour le Poste2 durant l'année 2014.....	p21
Tableau 2.7 : Impact du mode de consommation sur les indicateurs UP (kWh) et UHC (kWh) .....	p22
Tableau 2.8 : Evolution des redevances.....	p23
Tableau 2.9 : Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite pour le poste 1 en 2014.....	p25
Tableau 2.10: Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite pour le poste 2 en 2014 .....	p27
Tableau 3.1: choix de la section du neutre .....	p34
Tableau 3.2: les chutes de tensions admissibles en courant alternatif .....	p35
Tableau 3.3: calcul des sections des câbles .....	p37
Tableau 3.4 : coefficient de matériau de l'âme et de la nature de l'isolant .....	p40
Tableau 3.5: les impédances de court circuit .....	p41
Tableau 3.6: Résultats de calcul du courant de court-circuit .....	p42
Tableau 3.7: Choix de disjoncteur.....	p42
Tableau 3.8:Ks par nombre de départ d'une armoire .....	p43
Tableau 4.1:Diagnostic du transformateur .....	p45
Tableau 4.2:Diagnostic des câbles u transformateur .....	p47
Tableau 4.3:mesure du courant dans le neutre .....	p49



# Table de matière

Liste des abréviations.....	4
Liste des figures.....	5
Liste des tableaux.....	6
Table de matière.....	7
Introduction générale.....	9
 <b>Chapitre I : Présentation d'organisme d'accueil et cahier des charges .....</b>	<b>10</b>
<b>I. Présentation d'organisme d'accueil .....</b>	<b>11</b>
1. Introduction .....	11
2. Présentation d'AIC Métallurgie (Ateliers Industriels Chérifiens) .....	11
3. Identification d'AIC Métallurgie .....	12
4. Organisation d'AIC Métallurgie .....	12
5. Secteurs d'activité .....	13
<b>II. Cahier des charges .....</b>	<b>13</b>
 <b>Chapitre II : Evaluation et analyse de la consommation d'énergie électrique.....</b>	<b>14</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>15</b>
<b>I. Analyse de la consommation électrique .....</b>	<b>15</b>
1. Système de distribution d'électricité .....	15
2. Mesure de la consommation d'énergie électrique .....	16
3. Analyse des factures d'électricités .....	17
3.1. Tarification de l'énergie électrique .....	18
3.2. Etude de la consommation d'électricité .....	18
3.2.1. Les montants MHN, MHP et MHC .....	18
3.2.2. Les indicateurs d'Utilisation UP (kWh) et UC (kWh) .....	20
4. Analyse de la puissance souscrite .....	22
<b>II. Optimisation de la puissance souscrite .....</b>	<b>24</b>
1. Redevance de la puissance souscrite .....	24
2. Estimation du gain escompté .....	28
<b>III. Analyse du facteur de puissance.....</b>	<b>28</b>
<b>IV. Conclusion.....</b>	<b>28</b>
 <b>Chapitre III : Redimensionnement de l'installation électrique.....</b>	<b>30</b>
<b>I. Introduction .....</b>	<b>31</b>
<b>II. Canalisation et la protection basse tension .....</b>	<b>31</b>
1. Dimensionnement des canalisations .....	31
1.1. Détermination des sections minimales des câbles.....	31
1.2. Calcul de la section minimale .....	32



1.2.1. Détermination du courant maximale d'emploi.....	32
1.2.2. Calcul du courant admissible $I_z$ .....	33
1.2.3. Détermination de la section du neutre .....	33
1.2.4. Vérification de la chute de tension .....	34
1.2.5. Exemple de calcul .....	36
1.2.6. Résultats de calcul .....	37
1.3. Vérification des contraintes thermiques des câbles .....	37
1.3.1. Méthodologie de calcul .....	37
1.3.2. Résultats de calcul .....	40
1.4. Protection de l'installation BT .....	41
1.4.1. Choix des disjoncteurs .....	41
III. Dimensionnement du transformateur .....	42
1. Méthode de calcul .....	42
2. Schéma unifilaire de l'installation électrique .....	42
3. Résultats de calcul .....	42
IV. Conclusion .....	43
<b>Chapitre IV : Evaluation et amélioration de la qualité de l'énergie électrique .....</b>	<b>44</b>
I. Introduction .....	45
II. Diagnostique et relevé des non conformités .....	45
1. Comparaison des résultats du redimensionnement à l'état actuel de l'installation .....	45
1.1. Transformateur .....	45
1.2. Sections de câbles .....	45
III. Etude de l'impact des harmoniques sur le réseau électrique .....	47
1. Généralités sur les perturbations harmoniques .....	47
1.1. Charges linéaires .....	47
1.2. Charges non linéaires.....	48
2. Mesure du courant dans le neutre.....	48
3. Origines de dégradation de la qualité de l'énergie électrique .....	50
3.1. Les effets des harmoniques sur l'installation électrique .....	51
3.1.1. Phénomène de résonnance .....	51
3.1.2. Pertes dans les transformateurs .....	52
3.1.3. Pertes dans les conducteurs .....	52
IV. Conclusion .....	52
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>53</b>
<b>Annexe A .....</b>	<b>54</b>
<b>Annexe B .....</b>	<b>59</b>
<b>Références .....</b>	<b>72</b>



# Introduction Général

Tout exploitant, industriel soit il ou commercial, a une impérieuse nécessité de proposer des produits ou des services à des prix compétitifs.

Cependant et face au défi énergétique auquel nous sommes confrontés. La mise en œuvre d'une stratégie d'économie d'énergie est devenue une nécessité, sachant que la majorité des énergies que nous utilisons sont épuisables et dépendent de stocks limités. La consommation mondiale d'énergie augmente et la diminution des ressources accélèrent.

Néanmoins, la limitation de ces ressources d'énergie, influe considérablement sur les factures énergétiques de l'état et par suite sur le consommateur.

L'énergie devient donc de plus en plus couteuse ce qui nous oblige à mettre en place une stratégie énergétique intégrant la dimension d'économie d'énergie et visant la sécurité de l'approvisionnement, de compétitivité des entreprises et de la contribution à la protection de l'environnement. Car ce n'est qu'ainsi que le consommateur devient conscient de la manière dont l'énergie doit être utilisée.

Toutefois, il faut savoir que la gestion de l'énergie ne signifie pas son élimination totale et ne doit pas être conçue comme un arrêt d'approvisionnement en sources d'énergie. Il s'agit plutôt de l'identification des zones de gaspillage et de mise en place de mesures visant à réduire ou à éliminer complètement les pertes d'énergies. Le principe de base de cette gestion est donc la rentabilité.

Dans ce contexte la fonction optimiser la consommation énergétique est d'un rôle stratégique incontournable dans l'entreprise. Réduire la consommation énergétique et minimiser les pertes sont actuellement parmi les soucis majeurs de toute entreprise, elle doit ainsi en faire sa priorité.

C'est sous cette perspective que s'inscrit l'audit énergétique effectué au sein de l'entreprise **AIC Métallurgie**. Dans l'objectif de repérer les possibilités d'économie d'énergie au niveau de différents postes de consommation d'énergie de l'entreprise.

Après une présentation d'**AIC Métallurgie**, une analyse approfondie sera élaborée, pour donner place à l'étude de la consommation électrique. Le sujet sera donc divisé en trois grands volets :

Dans un premier temps, l'optimisation de la consommation de l'énergie électrique, et ce à travers les axes suivants : l'analyse des factures électriques, la recherche de la puissance souscrite optimale et l'amélioration du cos ( $\phi$ ) du réseau électrique.

Viendra par la suite un redimensionnement de l'installation électrique et une comparaison à l'état actuel afin de dégager les non-conformités existantes. Et ce à travers les axes suivants : redimensionnement des sections de câbles et des transformateurs et choix de dispositifs de protection en respectant les normes et les règles de l'art.

Finalement l'amélioration de la qualité du réseau électrique en procédant à la détermination des origines des perturbations harmoniques et de leur impact sur l'efficacité du réseau électrique.



# Chapitre I

Présentation d'organisme  
d'accueil & cahier des charges

# I. Présentation d'organisme d'accueil

## 1. Introduction

Avant d'aborder le travail effectué lors de ce stage, on commence par présenter l'organisme d'accueil concerné par le projet : le groupe **DELTA HOLDING AIC METALLURGIE** de Kenitra. Le choix de ce dernier comme lieu de stage, se justifie par la place importante qu'il occupe dans le secteur industriel, ainsi que par l'aspect purement électrotechnique du sujet chose bénéfique pour compléter la formation. Le groupe Delta Holding est formé d'un ensemble de sociétés autonomes, dont fait partie la société **AIC Métallurgie**, exerçant des activités différentes mais complémentaires, ayant en commun les mêmes actionnaires. Le groupe est représenté par la Société Delta Holding qui lui assure un soutien, contrôle sa gestion et lui recherche des créneaux porteurs de développement.

Fondé en 1974, delta holding, groupe industriel marocain coté à la bourse de Casablanca, compte actuellement près de 30 filiales et participations qui agissent dans des secteurs d'activités diversifiés et à fortes synergies.

### Structure du groupe

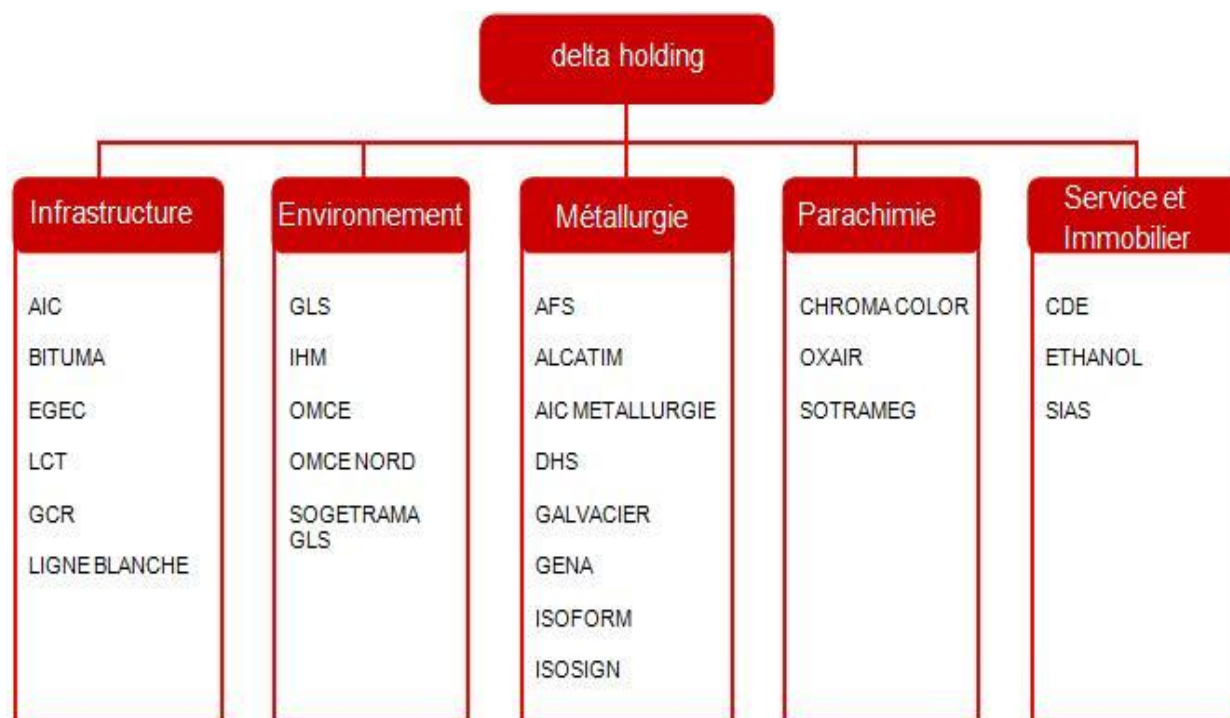


Figure1.1 : Structure du groupe Delta Holding

## 2. Présentation d'AIC Métallurgie

AIC Métallurgie Ateliers Industriels Chérifiens Métallurgie est une société qui développe son activité dans les métiers de l'ingénierie de projets industriels clés en main. Elle en assure aussi l'expertise et la maintenance.

Elle dispose d'un savoir-faire reconnu en matière de fabrication et d'installation d'appareils sous pression et d'équipements hydromécaniques et électromécaniques de barrages. Font aussi partie de ses spécialités : la construction de ponts et charpentes métalliques, l'exécution de travaux de chaudronnerie lourde, la production





de pylônes et candélabres et les traitements de surfaces. L'obtention de la certification ISO 9002 en 1999, confirme la réputation de la société dans la réalisation d'ouvrages de haute technicité.

### 3. Identification d'AIC Métallurgie

**Adresse** : 3 Impasse n° 1 Zone Industrielle Bir Rami Kenitra

**Date de création de l'Entreprise** : AIC Métallurgie département d'AIC depuis 1957 Fondation AIC S.A le 11 Mars 1993

**Forme Juridique** : Société Anonyme

**Capital** : 10.000.000 Dirhams

**Registre du Commerce** Lieu d'inscription : Kenitra N° d'inscription : 25635

**Identifiant fiscale** : 03700401

**Patente** : 20113684

**Tél** : 05 37 37 89 37 / 38

**Fax** : 05 37 37 38 27

**Email** : [aicm@aicmetallurgie.ma](mailto:aicm@aicmetallurgie.ma)

**Site web** : [www.deltaholding.ma](http://www.deltaholding.ma)

**Leur Clients** : DAH, OCP, MARJANE, ..... Maison-mère ou associée : Groupe Delta holding

**Président** : Mr. Fouad FAHIM

**Directeur général** : Mr .HAMID ALALOUCHE

### 4. Organisation de la société AIC Métallurgie

La structure d'AIC Métallurgie s'articule autour d'une organisation hiérarchique comme le montre l'organigramme suivant :

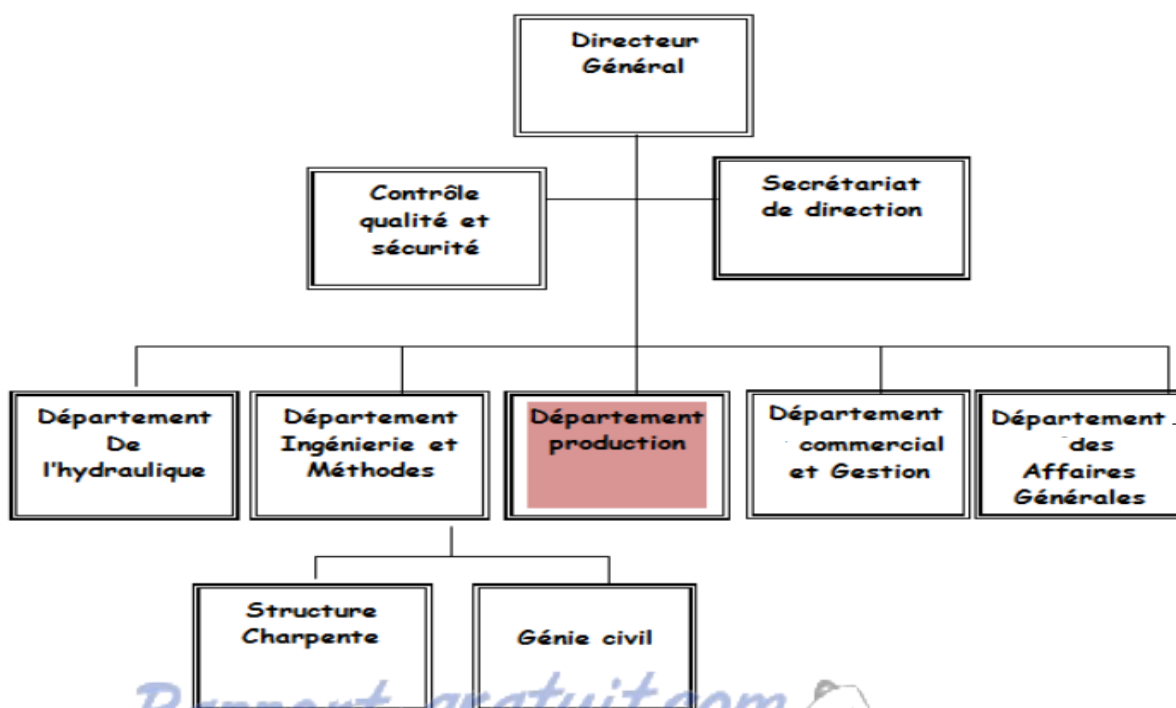


Figure 1.2 : Organigramme d'AIC



La société est organisée sous forme des départements liés directement à la direction générale. Chaque département a l'entière responsabilité de gestion de ses moyens humains et techniques dans le strict respect des procédures du groupe, de la législation en vigueur et des procédures internes.

## **5. Secteur d'activité de la société**

La société AIC Métallurgie s'occupe depuis sa création de :

- ✓ Equipements hydromécaniques et électromécaniques ;
- ✓ Grosses et moyennes chaudronneries ;
- ✓ Ingénierie des projets industriels clés en main ;
- ✓ Conduites d'eau et réservoirs sous pression ;
- ✓ Superstructures portuaires ;
- ✓ Etudes, fabrication, entretien et pose de ponts mixtes et métalliques ;
- ✓ Charpentes industrielles - Menuiserie métallique ;
- ✓ Réservoirs de stockage ;
- ✓ Mâts pour énergie éoliennes et de grande hauteur ;
- ✓ Peinture industrielle, sablage et métallisation à chaud ;
- ✓ Candélabres métalliques d'éclairage public ;
- ✓ Maintenance des équipements mécaniques.

## **II. Cahier des charges**

L'objet du présent projet de fin d'études est la réalisation d'un audit énergétique d'AIC Métallurgie. Les résultats de cet audit serviront à dégager des solutions de rationalisation et d'optimisation du bilan actuel des quantités et dépenses d'énergie.

Ce projet, consiste à effectuer les actions suivantes :

- ✓ Analyse et évaluation de la consommation énergétique d'AIC Métallurgie ;
- ✓ Analyse de la consommation d'énergie électrique ;
- ✓ Analyse des factures ;
- ✓ Dimensionnement de l'installation électrique ;
- ✓ Diagnostic des installations techniques énergivores de l'usine en vue de déceler toutes les défaillances qui s'opposent à l'optimisation de la consommation;
- ✓ Proposition de solutions d'efficacité énergétique ;
- ✓ Etude technico-économique des solutions proposées.

## *Chapitre* **II**

**Evaluation et analyse de la  
consommation d'énergie  
électrique d'AIC Métallurgie**

## Introduction

L'évaluation et l'analyse de la consommation énergétique d'une unité industrielle constitue le premier pas à l'économie de l'énergie. L'analyse des différents aspects de la demande énergétique permet d'aboutir aux premiers gains en économie d'énergie sans aucun investissement. Car les différents enjeux de l'économie sont soit contractuels, ou liés à la bonne gestion de la consommation.

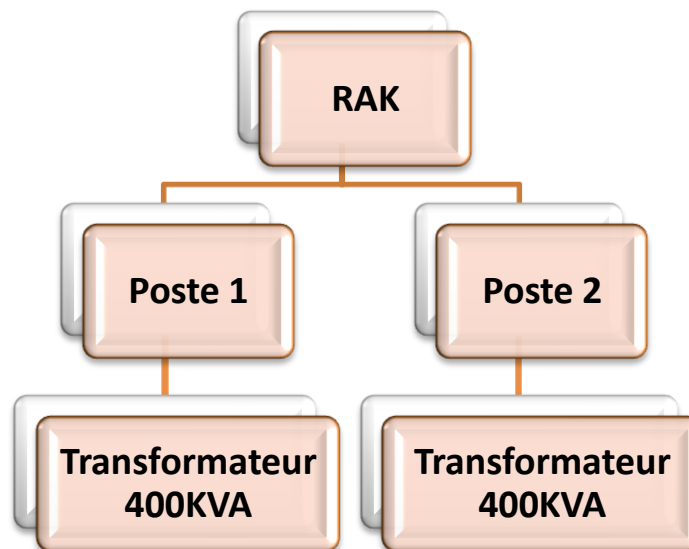
## I. Analyse de la consommation électrique

### 1. Système de distribution d'électricité

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques.

Pour ces besoins en électricité, **AIC Métallurgie** dispose de deux postes d'alimentation raccordés chacun au réseau MT de la RAK 22 KV.

Chaque poste est constitué d'un seul Transformateur MT/BT 22KV/400V et d'une puissance de 400KVA.



**Figure 2.1 : Distribution d'électricité d'AIC Métallurgie**

Chacun de ces postes alimente une ligne de production constituée des ateliers: Chaudronnerie, Charpente, Galvacier, Usinage, Solaire, AIC Signalisation, GENA.

Le réseau de distribution électrique des deux postes d'AIC Métallurgie est présenté dans les schémas (**Annexe A-1** et **Annexe A-2**).

La tension électrique de l'usine est de 400 V triphasé, et le régime du neutre est le régime TNS.

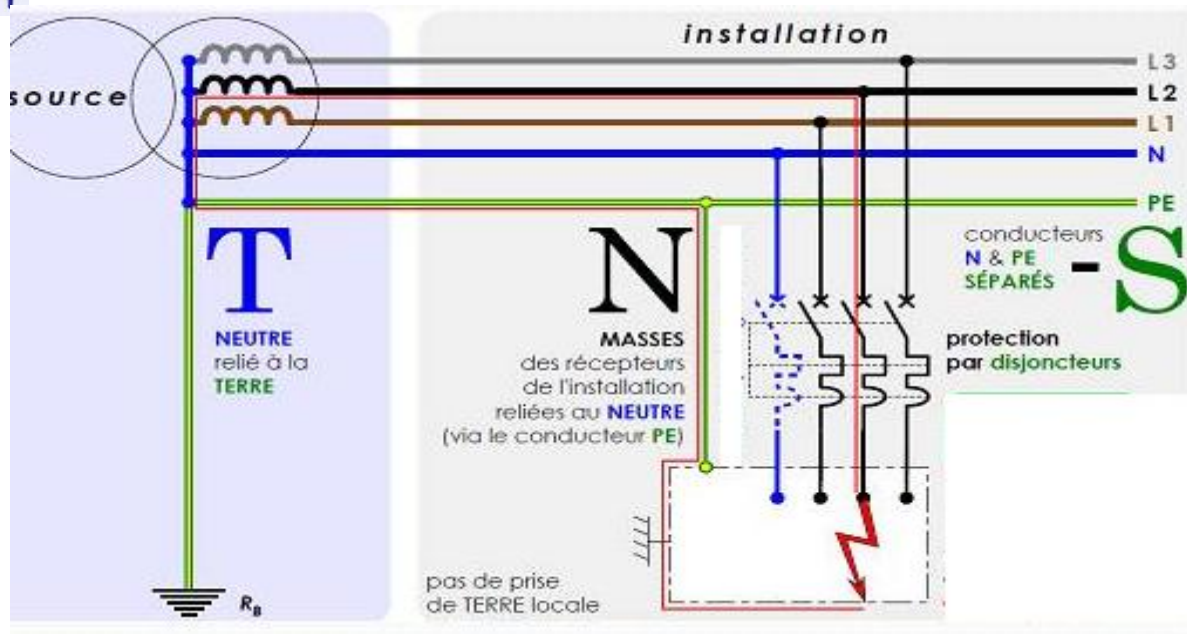


Figure 2.2 : Schéma du régime de neutre TNS

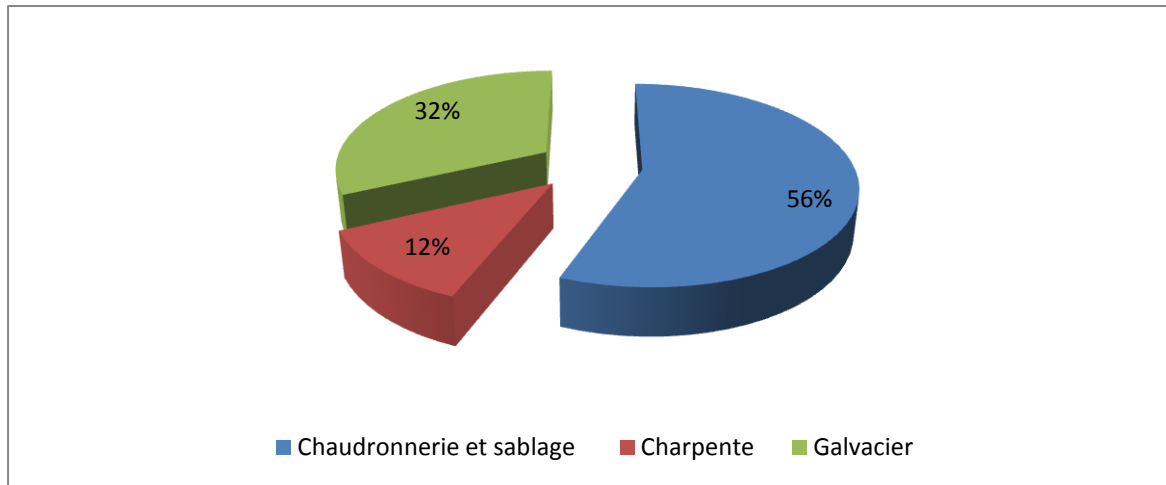
## 2. Mesure de la consommation d'énergie électrique

❖ Le tableau suivant illustre la répartition en pourcentage de la consommation électrique :

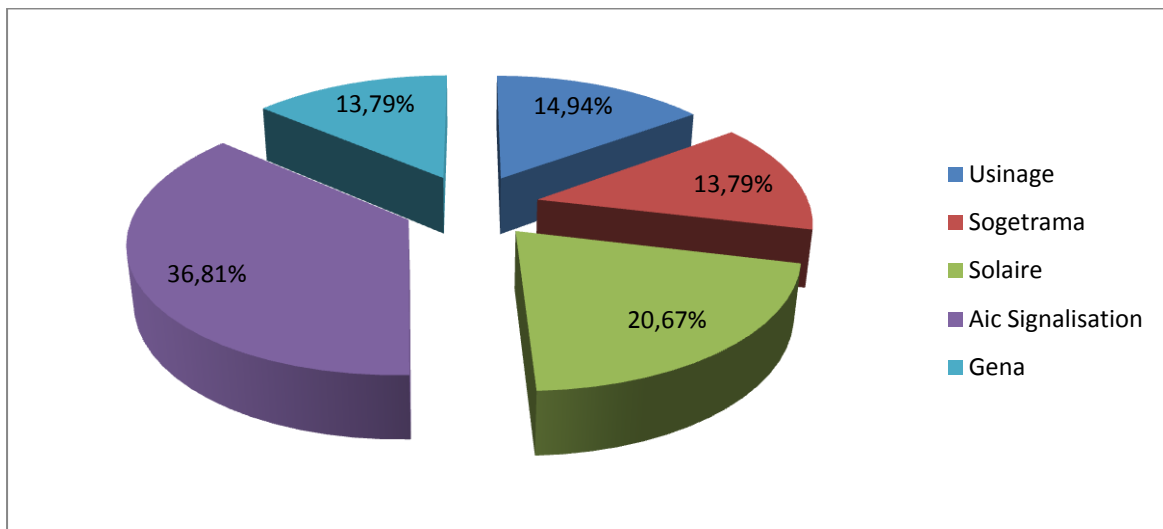
	Secteur	Puissance absorbée VA	Pourcentage
Poste 1	Atelier Chaudronnerie et sablage	193 989,69	56,00%
	Atelier Charpente	41 569,21	12,00%
	Galvacier	110851,25	32,00%
Poste 2	Atelier Usinage	45033,32	14,94%
	Sogetrama	41569,21	13,79%
	Atelier Solaire	62282,03	20,67%
	AIC Signalisation	110923,04	36,81%
	GENA	41569,21	13,79%

Tableau 2.1: Répartition de la consommation électrique

❖ Les graphes suivants illustrent la contribution de chaque secteur dans la consommation globale des postes 1 et 2 :



**Figure 2.3 : Répartition des consommations du poste 1**



**Figure 2.4: Répartition des consommations du poste 2**

D'après les graphes nous constatons que l'atelier Chaudronnerie sablage et AIC Signalisation constituent les grands consommateurs de l'énergie électrique.

### **3. Analyse des factures d'électricité**

La première étape de l'économie d'énergie électrique d'une entreprise, réside dans l'analyse de sa facture d'électricité **Annexe A-3**.

Cette analyse donne un aperçu global sur la demande électrique et permet d'aboutir à des solutions assez rapides et parfois peu coûteuses, permettant de générer les premiers gains renouvelables sur la facture électrique.

La réalisation de cette économie suppose une familiarisation avec les divers éléments de la facturation et les tarifs appliqués par la RAK. L'analyse est portée principalement sur les composantes principales de la facture, à savoir:



- La puissance souscrite avec la RAK ;
- La puissance maximale appelée ;
- Le facteur de puissance  $\cos\varphi$ ;
- La consommation en énergie électrique.

### 3.1. Tarification de l'énergie électrique

Les tarifs de l'énergie électrique sont fixés par une commission interministérielle, présidée par la direction des prix et de la concurrence du ministère chargé des affaires générales.

Les frais de la consommation de l'énergie électrique sont basés sur l'existence de trois tarifs :

Tranches horaires	Hiver	Eté	Prix en DH
	Du 01/10 Au 31/03	Du 01/04 Au 30/09	
Heures normales (HN)	7h à 17h	7h à 18h	0.8675
Heures de pointes (HP)	17h à 22h	18h à 23h	1.314
Heures creuses(HC)	22h à 7h	23h à 7h	0.5558

Tableau 2.2 : prix d'électricité par tranche horaire

La connaissance de la tarification est une vérification de la bonne adaptation de la consommation aux contraintes tarifaires.

### 3.2. Etude de la consommation d'électricité

Nous allons calculer un ensemble d'indicateurs qui vont quantifier de près l'analyse de la consommation.

#### 3.2.1. Les montants M HN, M HP et M HC

Commençant tout d'abord par déterminer les montants payés par chaque tranche horaire pendant les périodes facturées pour le Poste 1 et pour le Poste2 (**Annexe A-4**).

Ce calcul va nous permettre de connaître la contribution de chaque tranche horaire dans le montant globale de la facture, la formule de calcul est la suivante :

**Montant Consommation Heures Normales** =  $cons_{HN} \times Prix_{kWh\ HN}$

**Montant Consommation Heures de Pointes** =  $cons_{HP} \times Prix_{kWh\ HP}$

❖ Pour le poste 1

Poste 1	Tranches horaires	Montant de la consommation(DH)	Pourcentage
	Heures normales	330 383,04	48,39%
	Heures de pointes	221 050,28	32,39%
	Heures creuses	130 947,59	19,19%
	Total	682 380,911	100%

Tableau 2.3 : Répartition du montant payé par chaque tranche horaire pour le Poste1 durant l'année 2014

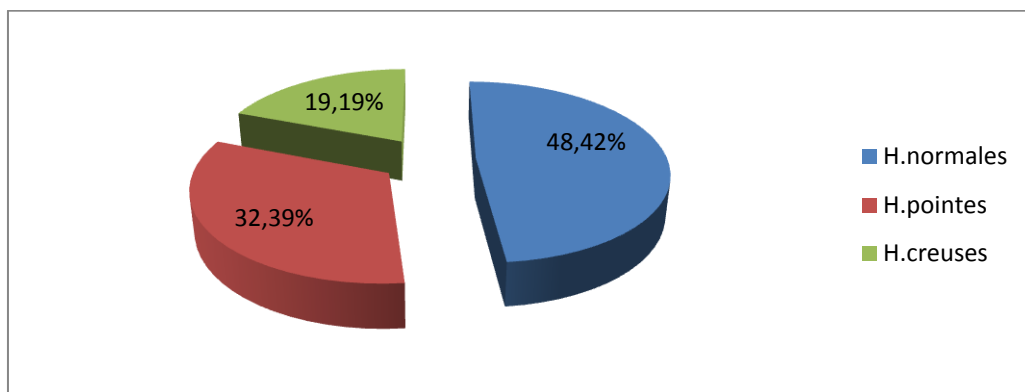


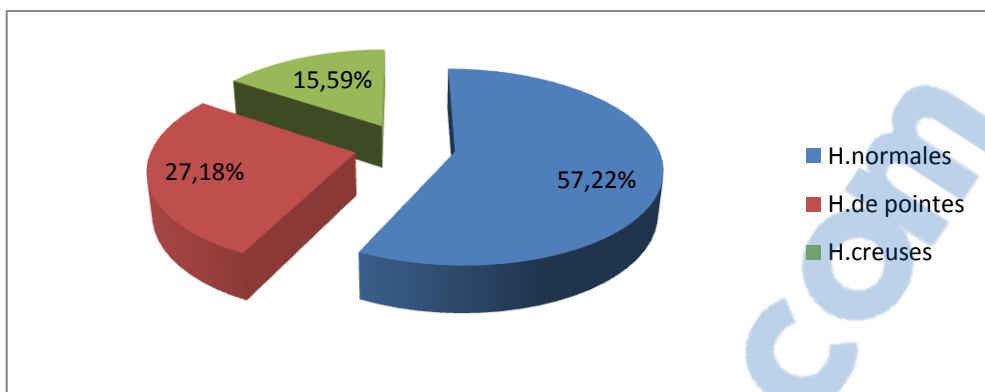
Figure 2.5 : Répartition du montant payé par chaque tranche horaire pour le Poste1 durant l'année 2014

❖ Pour le poste 2

Poste 2	Tranches horaires	Montant de la consommation(DH)	Pourcentage
	Heures normales	356 915,53	57,22%
	Heures de pointes	169 545,42	27,18%
	Heures creuses	97 262,78	15,59%
	Total	623732,72	100%

Tableau 2.4: Répartition du montant payé par chaque tranche horaire pour le Poste1 durant l'année 2014





**Figure 2.6 : Répartition du montant payé par chaque tranche horaire pour le Poste2 durant l'année 2014**

✚ D'après les graphes nous constatons que la contribution des Heures normales dans le montant payé pour chacun des tranches est presque la moitié.

### 3.2.2. Les indicateurs d'Utilisation UP (%) et UC (%)

L'indicateur d'utilisation de la pointe en consommation UP (%), est le rapport de la quantité d'énergie consommée pendant la pointe sur la quantité totale d'énergie appelée sur la période.

$$UP (kWh) = consHP / C_t$$

L'indicateur d'utilisation des heures creuses en consommation UHC (kWh), est le rapport la quantité d'énergie consommée pendant les heures creuses et la consommation totale.

$$UC (kWh) = consHC / C_t$$

Avec  $C_t$ : consommation totale

❖ Pour le poste 1

Poste 1	Tranches horaires	Total(KWh)	Utilisation
	Heures normales (KWh)	380 845	48,54%
	Heures de pointes (KWh)	168 227	21,44%
	Heures creuses(KWh)	235 602	30,03%
	Total(KWh)	784 674	100%

**Tableau 2.5: Répartition de la consommation par chaque tranche horaire pour le Poste1 durant l'année 2014**

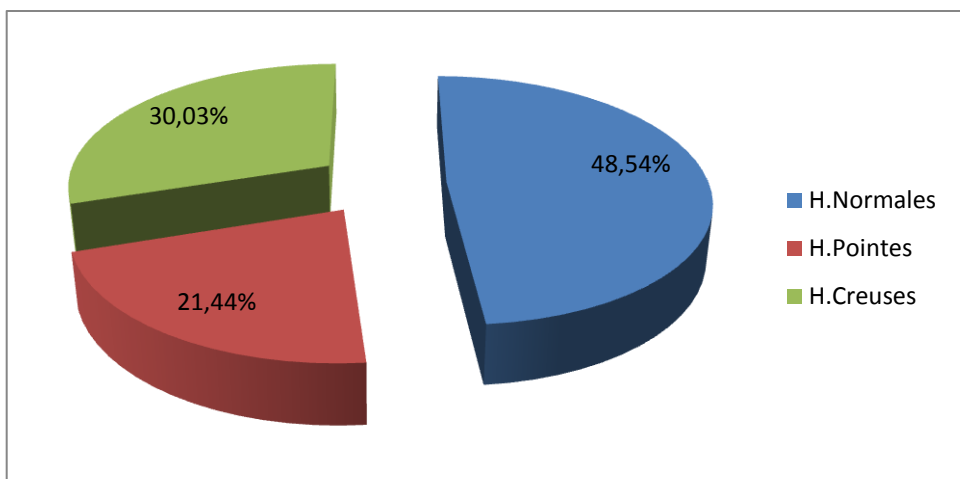


Figure 2.7: Répartition de la consommation pour chaque tranche horaire pour le Poste1 durant l'année 2014

❖ Pour le poste 2

Poste 2	Tranches horaires	Total(KWh)	Utilisation
	Heures normales (KWh)	411430	57,51%
	Heures de pointes (KWh)	129030	18,03%
	Heures creuses(KWh)	174996	24,46%
	Total(KWh)	715456	100%

Tableau 2.6: Répartition du montant payé par chaque tranche horaire pour le Poste2 durant l'année 2014

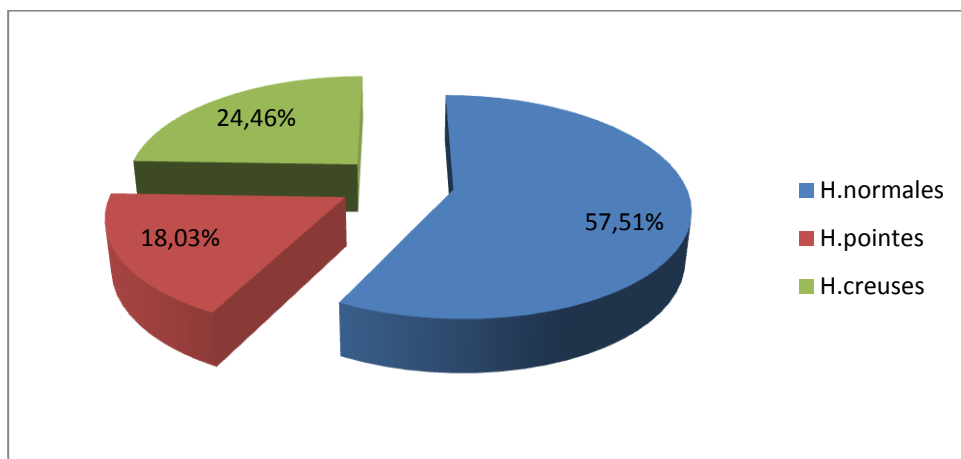


Figure 2.8: Répartition de la consommation pour chaque tranche horaire pour le Poste2 durant l'année 2014



### *Analyse des résultats :*

D'après les graphes nous constatons que l'utilisation des heures creuses dépasse celle des heures de pointes. Sachant que le prix du kWh HP est élevé, nous avons donc intérêt à croître nos consommations pendant les heures creuses et de les minimiser pendant les heures de pointe, c'est-à-dire avoir un UP (%) minimal et un UHC (%) maximal.

		UP(%)	UC(%)	HP (kWh)	HC (kWh)	Prix HP et HC(DH)	Gains(DH)
<b>Répartition actuelle</b>	<b>Poste 1</b>	21,44	30,03	168227	235602	351997,87	
	<b>Poste 2</b>	18,03	24,46	129030	174996	266808,20	
<b>Répartition optimale</b>	<b>Poste 1</b>	10	41,47	13094,76	54303,97	47388,66	304609,21
	<b>Poste 2</b>	6	36,49	42927,36	261069,89	201509,20	65299,00

**Tableau 2.7 : Impact du mode de consommation sur les indicateurs UP (kWh) et UHC (kWh)**

Le tableau nous indique que si nous prenons en compte dans notre consommation des HC et HP les indicateurs UP (%) et UC (%) auront comme valeur pour le poste 1 de 10% et 41,47%, pour le poste 2 les valeurs 6% et 36,49% (c'est valeurs étant imposées par l'entreprise) ceci est un signe d'une bonne répartition de la consommation entre les heures creuses et les heures de pointe.

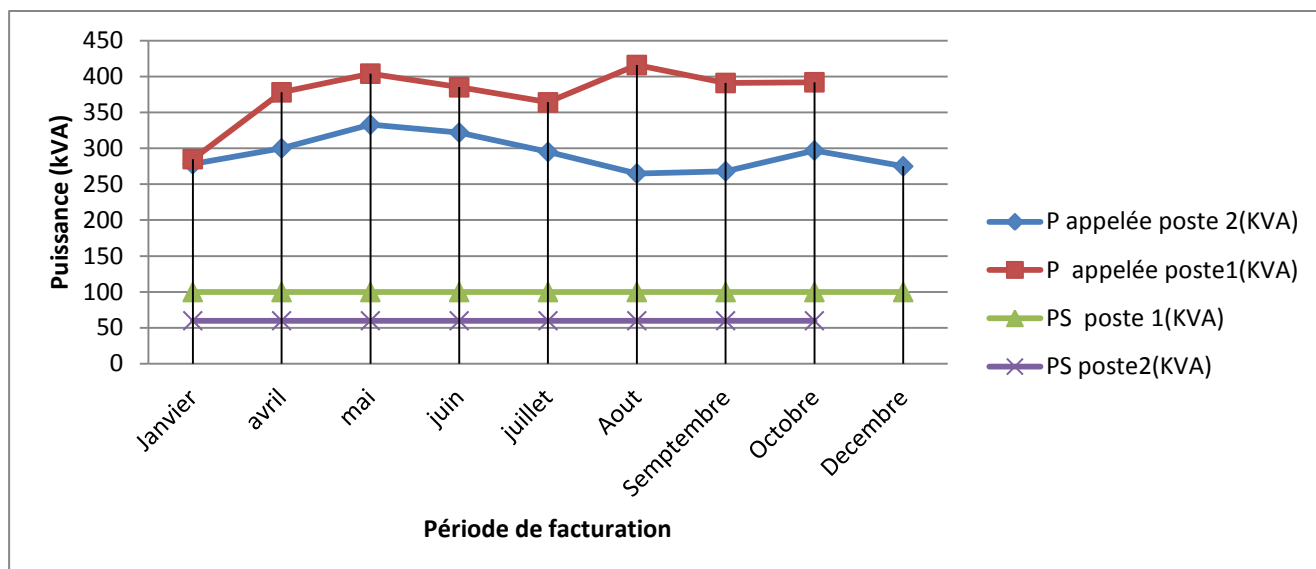
Donc l'économie annuelle en décalant la production pendant les heures de pointe vers les heures creuses est très importante d'un gain de **369 908,21 DH**. Ceci rend cette solution très importante.

## **4. Analyse de La puissance souscrite**

La puissance souscrite est une caractéristique du contrat de fourniture d'électricité. Il s'agit d'une indication de puissance maximale qui ne doit pas être franchie. Cette puissance est exprimée en kVA.

La puissance souscrite actuellement avec la RAK est de 100KVA pour le poste 1, et de 60 KVA pour le poste 2.

Le digramme suivant montre l'évolution des puissances maximales appelées pendant l'année 2014 :



**Figure 2.9 : Evolution de la puissance maximale appelée durant l'année 2014**

D'après ce graphe, la puissance maximale a enregistré une valeur moyenne pour le poste 2 de **292,56 KVA** et de **376,88 KVA** pour le poste 1.

La puissance souscrite présente des dépassements par rapport à la puissance appelée. L'entreprise doit être consciente de l'importance de cette « souscription », car si la puissance appelée est trop élevée, l'entreprise paie une pénalité de dépassement de 50% pour chaque VA excédent la puissance dite souscrite ainsi qu'une redevance fixe mensuelle.

$$RDPS = 1.5 * (PF/12) * (PA - PS)$$

La redevance de puissance est facturée en fonction de la puissance souscrite :

$$RPS = (PF/12) * PS$$

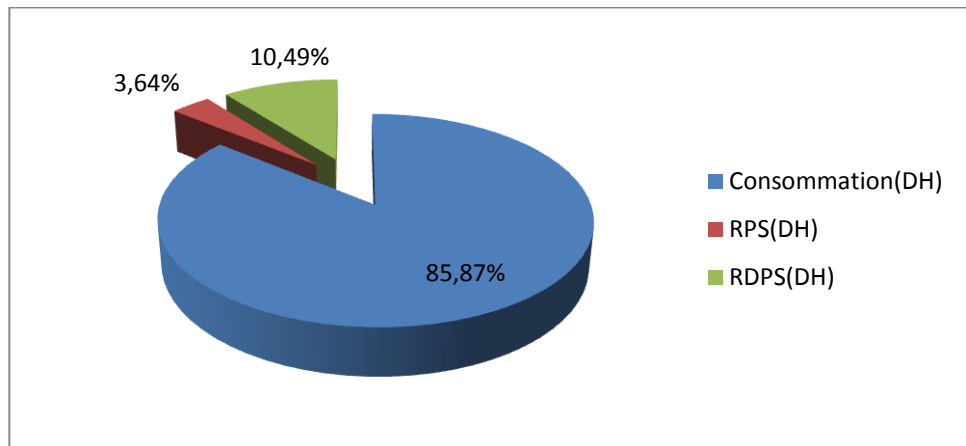
Avec  $PF = 32.1$  DH

Les redevances engendrées par ces dépassements au cours de l'année 2014 voir [Annexe A-5](#) sont présentées dans le tableau suivant :

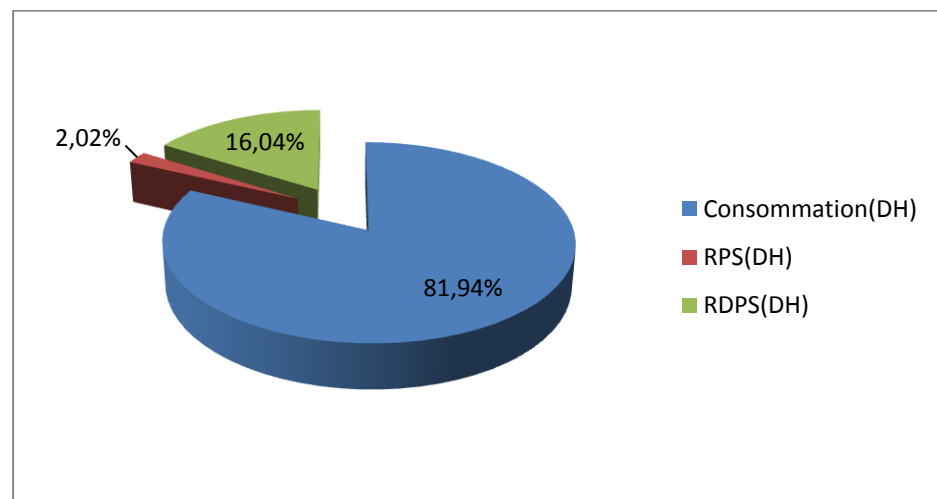
	P souscrite (kVA)	Redevance de P souscrite (DH)	Redevance de dépassement P souscrite (DH)	Consommation totale (DH)
<b>Poste 1</b>	100	28 890	83 443,95	784674
<b>Poste 2</b>	60	25 680	12 206,25	682380,91

**Tableau 2.8 : Evaluation des redevances**

Les graphes suivants illustrent la contribution des redevances dans le total du montant payé :



**Figure 2.10 : Répartition de la facturation pour le poste 1 durant l'année 2014**



**Figure 2.11: Répartition de la facturation pour le poste 2 durant l'année 2014**

✚ Pour éviter de payer des pénalités de dépassement de puissance souscrite, on va procéder à un redimensionnement de la puissance souscrite d'AIC Métallurgie.

## **II.Optimisation de la Puissance souscrite**

### **1. Redevance totale de puissance souscrite**

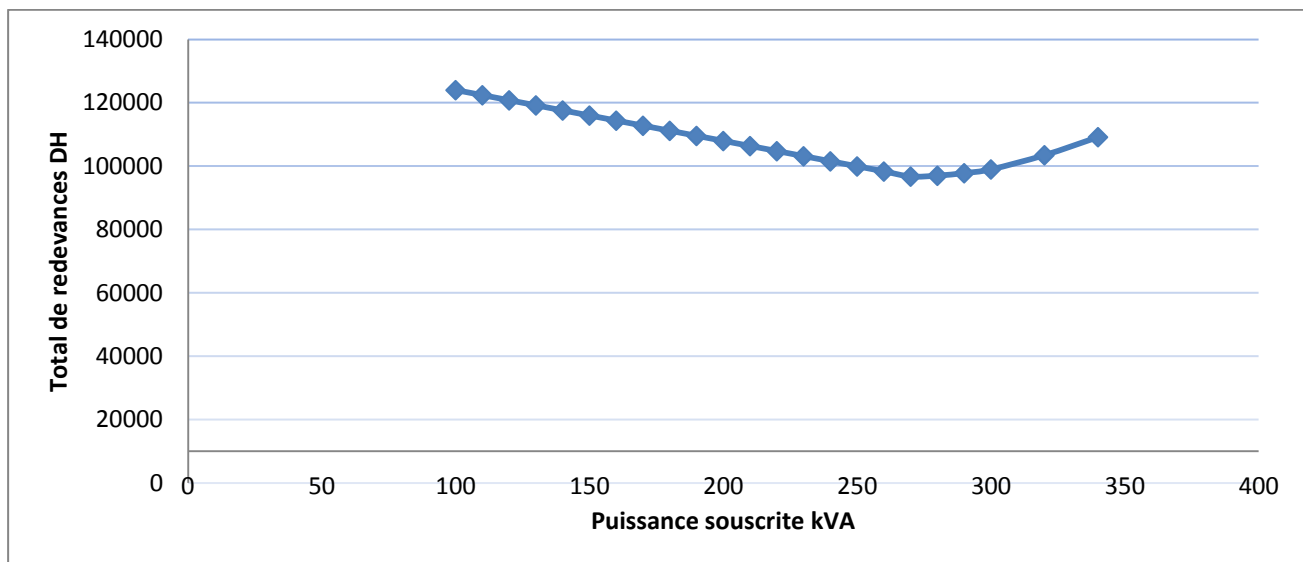
En se basant sur la consommation de l'année 2014. Nous cherchons actuellement à déterminer la valeur optimale de la puissance souscrite pour laquelle la redevance totale de puissance pourra être minimale. Les tableaux suivants regroupent les redevances mensuelles de puissance en DH en fonction des différentes puissances souscrites:

❖ **Pour le poste1**

Puissance souscrite (KVA)	Total redevances (DH)
100	123970,2
110	122365,2
120	120760,2
130	119155,2
140	117550,2
150	115 945,2
160	114 340,2
170	112 735
180	111 130
190	109 525
200	107 920
210	106 315
220	104 710
230	103 105
240	101 500
250	99 895
260	98 290
270	96 685,20
280	96 958,05
290	97 760,55
300	98 948,25
320	103 442,25
340	109 140,00

**Tableau 2.9 : Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite pour le poste 1 en 2014**

Ci- après le graphe du total de redevances en fonction de la puissance souscrite



**Figure 2.12: Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite en 2014 pour le poste1**

Selon la figure, la puissance souscrite optimale, qui correspond au minimum de redevances (RPS et RDPS), est 270 KVA. La redéfinition de la puissance souscrite en une valeur de 270 KVA, permet d'économiser une valeur approximative est  $123970,2 - 96685,20 = \mathbf{27285,00 \text{ DH}}$ .

Avec un investissement de :

$$(PS \text{ Optimale} - PS \text{ actuelle}) * \text{Prix unitaire KVA} = (270 - 100) * 122 = \mathbf{19\,520 \text{ DH}}$$

On aura ainsi un gain de **7 765 DH**

### ❖ Pour le poste 2

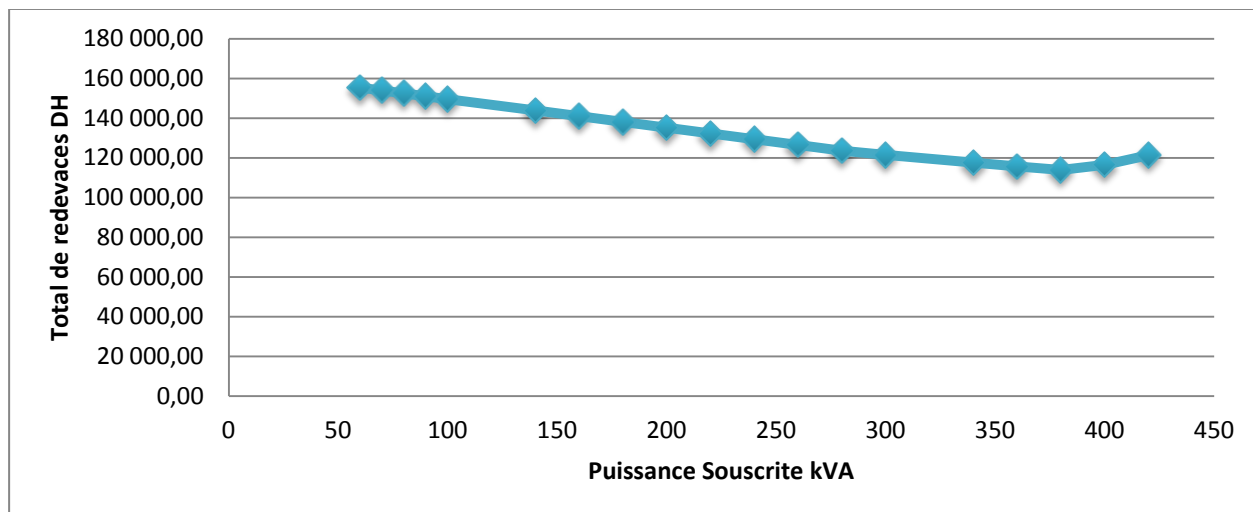
Pour des puissances souscrites différentes ont aura un total de redevance qui est illustré ci - dessous :

Puissance souscrite (KVA)	Total redevances (DH)
60	123970,2
70	122365,2
80	120760,2
90	119155,2
100	117550,2
140	115945,2
160	114340,2

180	112 735
200	111 130
220	109 525
240	107 920
260	106 315
280	104 710
300	103 105
340	101 500
360	99 895
380	98 290
400	96 685,20
420	96 958,05

**Tableau 2.10: Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite en 2014 pour le poste 2**

Ci- après le graphe du total de redevances en fonction de la puissance souscrite



**Figure 2.13: Evolution des redevances en fonction de la puissance souscrite en 2014 pour le poste 2**

Selon la figure, la puissance souscrite optimale, qui correspond au minimum de redevances (RPS et RDPS), est 380 KVA. La redéfinition de la puissance souscrite en une valeur de 380 KVA, permet d'économiser une valeur approximative de  $123970,2 - 98\,290 = 41\,553,45$  DH

Avec un investissement de :





$(PS_{Optimale} - PS_{actuelle}) \times \text{Prix unitaire KVA} = (380 - 100) \times 122 = \mathbf{34\,160\,DH}$

On aura ainsi un gain de **7393.45 DH**

## 2. Estimation du gain escompté

Le gain escompté de l'amélioration de la puissance souscrite est comme suit :

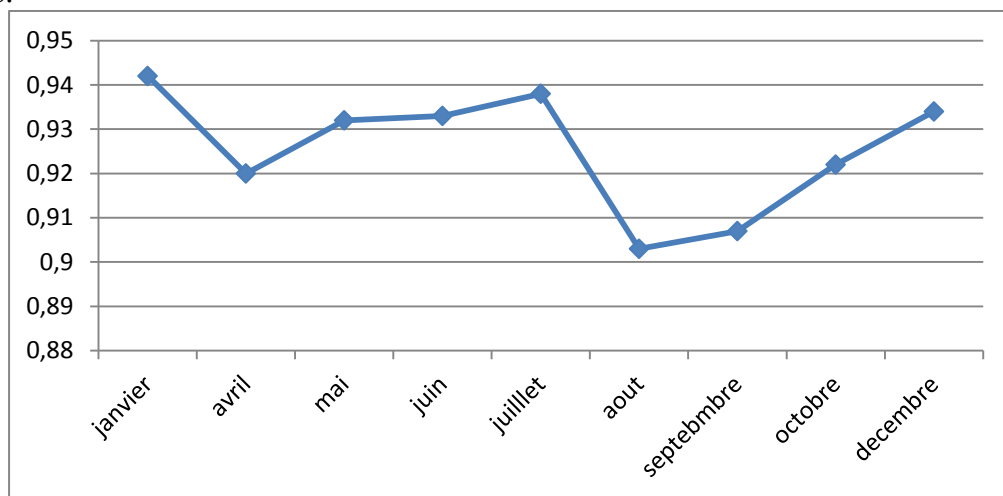
$$\text{Gain} = 7393.45 + 7\,765 = \mathbf{15\,158\,DH}$$

## III. Analyse du facteur de puissance

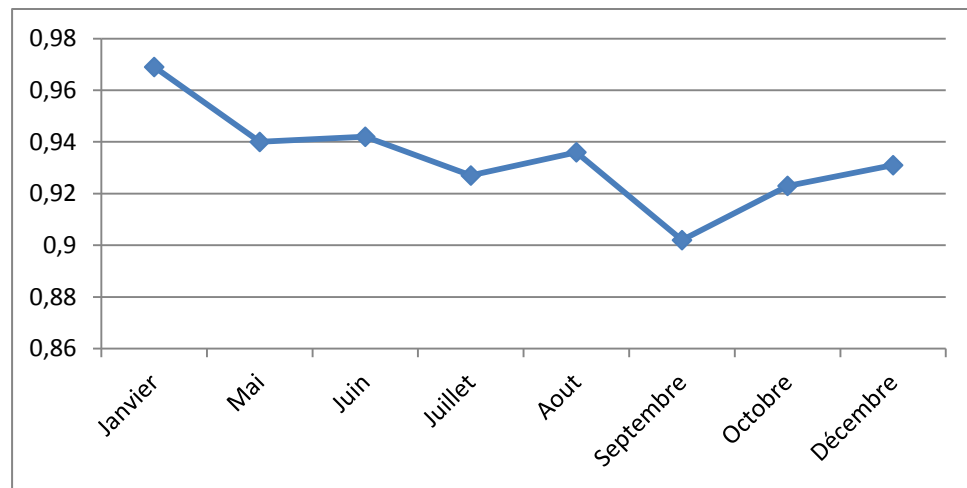
Si au cours d'un mois donné, la quantité d'énergie réactive consommée donne lieu à une valeur inférieure à 0,8 du cos (phi) moyen mensuel, le montant total des redevances dues par le client au titre de sa consommation mensuelle (redevance de la puissance souscrite, redevance de dépassement éventuel de la puissance souscrite et redevance de consommation) sera majoré de 2% pour chaque centième d'insuffisance du cos (phi) constaté.

Dans la pratique, il vaut mieux avoir un cos (phi) proche de 1 pour réduire l'énergie réactive consommée.

Un suivi d'évolution du cos(phi) durant l'année 2014 nous a permis de tracer les courbes des figures suivantes:



**Figure 2.14 : Evolution du cos (phi) pour le poste1 durant l'année 2014**



**Figure 2.15: Evolution du cos (phi) pour le poste2 durant l'année 2014**

Les deux figures montrent bien que le cos (phi) reste très acceptable. La valeur moyenne calculée durant cette année est de **0,925** pour le poste 1 et de **0.9337** pour le poste 2.

## **IV. Conclusion**

L'étude que nous avons menée dans ce chapitre nous a permis de bien avoir une idée sur la situation énergétique d'AIC Métallurgie. L'analyse des différents aspects de consommation énergétique et l'étude des factures d'électricité, nous a permis de proposer des actions permettant de réaliser des économies à zéro coût.

Les actions que nous proposons sont les suivantes :

- Redimensionnement de la puissance souscrite pour le poste 1 de 100 KVA à 270KVA.
- Redimensionnement de la puissance souscrite pour le poste 2 de 60 KVA à 380KVA.
- Nous avons choisi de ne pas effectuer une amélioration du facteur de puissance qui représente déjà une valeur élevée, pour éviter toute surcompensation susceptible d'engendrer des surtensions

De ces faits, nous allons effectuer des diagnostics dans les chapitres suivants.



## *Chapitre III*

### Redimensionnement de l'installation électrique



## Introduction

Ce chapitre est consacré au dimensionnement d'une installation électrique Basse tension (BT). A savoir : les sections des câbles, les longueurs des conducteurs, les réglages des disjoncteurs, etc.

L'installation électrique d'AIC Métallurgie est déjà dimensionnée. Cependant, certains équipements doivent demeurer alimentés en toutes circonstances, d'autres tolèrent des temps de coupure plus ou moins importants ce qui exige un dimensionnement rigoureux de tout élément de l'installation.

Afin de savoir si ce que l'installation électrique actuelle assure bien la sécurité électrique, on doit la redimensionner comme si l'on veut la concevoir pour la première fois et puis comparer entre les résultats obtenus et l'état actuel, dont le but de faire un choix optimal.

## I. Canalisations et protection basse tension

### 1. Dimensionnement des canalisations

En conformité avec les recommandations de la norme NF C 15-100, le choix des sections des câbles doit satisfaire plusieurs conditions importantes pour assurer la sûreté de l'installation. En effet, chaque canalisation doit :

- Véhiculer le courant d'emploi permanent et ses pointes transitoires normales;
- Ne pas générer des chutes de tension susceptibles de nuire au fonctionnement de certains récepteurs, comme les moteurs en période de démarrage, qui appellent un courant fort et produisent ainsi des pertes en ligne onéreuses.

#### 1.1. Détermination des sections minimales des câbles

Le calcul de la section technique ou section adéquate à retenir pour une canalisation se fait en suivant les étapes suivantes :

##### 1ère étape :

- connaissant la puissance d'utilisation, on détermine le courant maximal d'emploi  $I_B$  et on en déduit le courant assigné  $I_n$  du dispositif de protection.

##### 2ème étape :

- Selon les conditions d'installation (mode de pose, température ambiante, ...), on détermine le facteur global de correction  $f$
- En fonction de  $I_n$  et  $f$ , on calcule le courant admissible  $I_z$  et ainsi on choisit la section adéquate du conducteur.

##### 3ème étape :

- Vérification de la chute de tension maximale
- Vérification de la tenue des conducteurs à la contrainte thermique en cas de court-circuit

La section du conducteur satisfaisant toutes ces conditions est alors retenue.

Le logigramme de la figure ci-après, résume le principe de la méthode de calcul de la section des câbles.

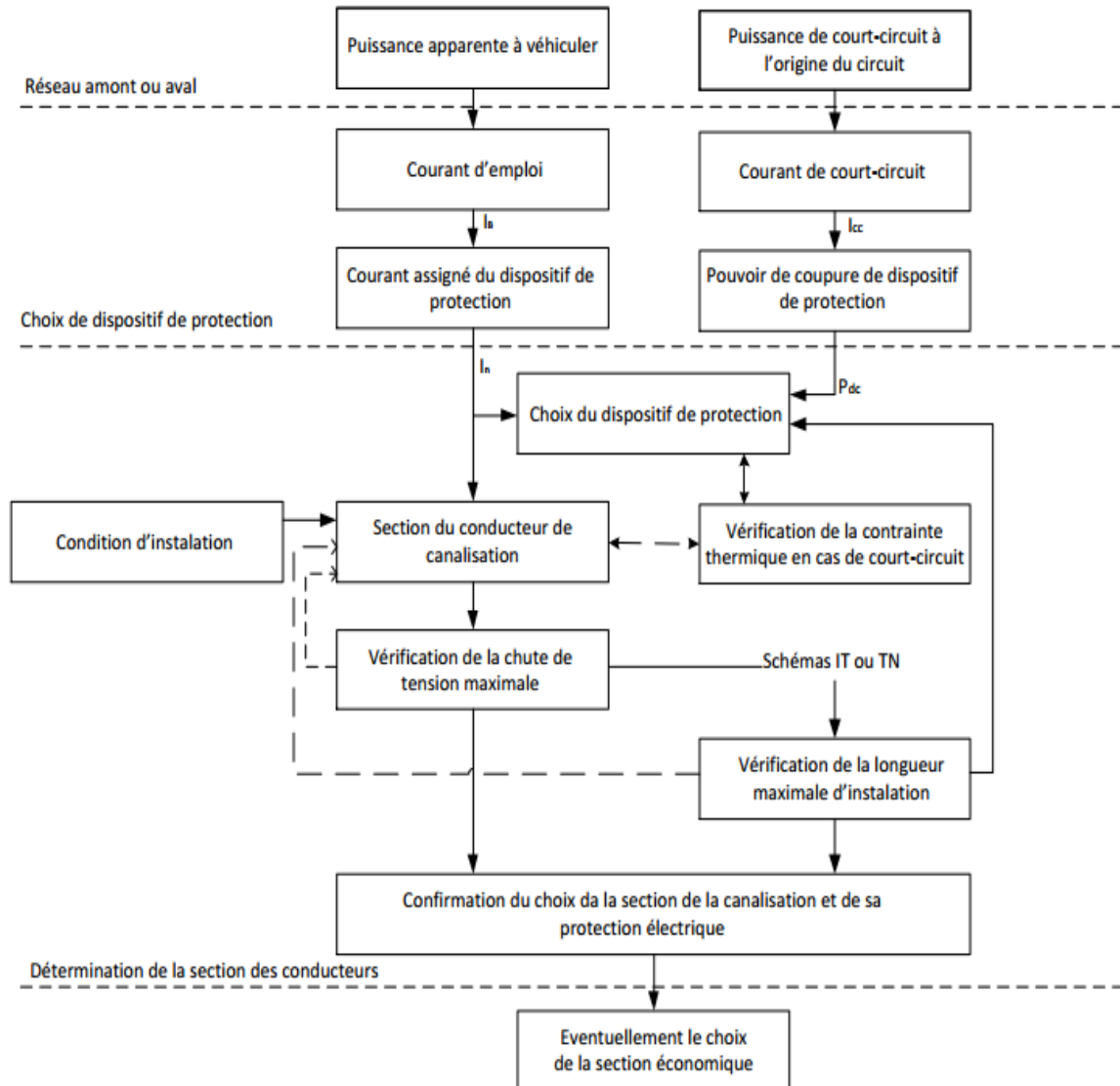


Figure 3.1 : Logigramme de la détermination de la section d'une canalisation

## 1.2. Calcul de la section minimale

### 1.2.1. Détermination du courant maximal d'emploi

Le courant maximal d'emploi  $I_b$  est le courant destiné à être transporté dans un circuit en service normal, il est défini selon la nature de l'installation alimentée par la canalisation.

Dans le cas de l'alimentation individuelle d'un appareil, le courant  $I_b$  sera égal au courant assigné de l'appareil alimenté. Par contre, si la canalisation alimente plusieurs appareils, le courant  $I_b$  sera égal à la somme des courants absorbés, en tenant compte des facteurs d'utilisation et de simultanéité de l'installation.

#### ➤ Calcul du courant $I_b$ :

Le courant maximal d'emploi est alors :

En courant continu	En courant alternatif monophasé	En courant alternatif triphasé
$I_b = \frac{P \times K_u \times K_s \times K_e}{U}$	$I_b = \frac{P \times K_u \times K_s \times K_e}{U}$	$I_b = \frac{P \times K_u \times K_s \times K_e}{\sqrt{3} \times U}$

Avec :

- $I_b$  Courant maximal d'emploi ;
- $P$  Puissance absorbée (VA) ;
- $K_s$  Facteur de simultanéité ;
- $U$  Tension entre phases pour une alimentation triphasée ;
- $K_e$  Facteur d'extension prend en considération les prochaines extensions probables de l'installation.

A partir du courant d'emploi on peut déterminer le courant nominal  $I_n$  du disjoncteur à utiliser pour le départ donné,  $I_n$  est le courant normalisé (**Annexe B-3**) juste supérieur à  $I_b$ .

### 1.2.2. Calcul du courant admissible $I_z$

Le courant admissible  $I_z$  la valeur maximale du courant qui peut parcourir en permanence. Il dépend des de plusieurs conditions : le mode de pose des câbles, la nature des conducteurs, la température.

Il est donné par la relation  $I_z = \frac{0.95 \cdot I_n}{f}$  (En se référant à la norme NF C 15-100)

Le Mode de pose détermine la valeur de  $f_0$  et la lettre de sélection. Ainsi, indique-t-il les autres facteurs de correction correspondants. Connaissant ces facteurs qui dépendent de la température, mode de pose, la nature du câble et le type d'isolant, nous déduisant le facteur de correction global :  $f = \prod f_i$ . (**Annexe B-1**)

Enfin, nous déterminons la section du câble à partir de  $I_z$  toléré qui est égal 95% de  $I_z$ . (**Annexe B-1**)

### 1.2.3. Détermination de la section du neutre

Après avoir dimensionné la section du conducteur de phase, il est nécessaire de dimensionner celle du neutre. Pour cela il faut prendre en considération le taux d'harmonique (TH) dans le réseau. Le tableau ci-dessous, distingue les différents cas pour choisir la section du neutre.

	$0 < TH \leq 15\%$	$15\% \leq TH \leq 33\%$ <sup>(1)</sup>	$TH > 33\%$ <sup>(2)</sup>
Circuit monophasés	$S_{neutre} = S_{phase}$	$S_{neutre} = S_{phase}$	$S_{neutre} = S_{phase}$
Circuit triphasés+neutre Câbles multipolaire $S_{phase} \leq 16\text{mm}^2$ Cu ou $25\text{mm}^2$ Alu	$S_{neutre} = S_{phase}$	$S_{neutre} = S_{phase}$	$S_{neutre} = S_{phase}$

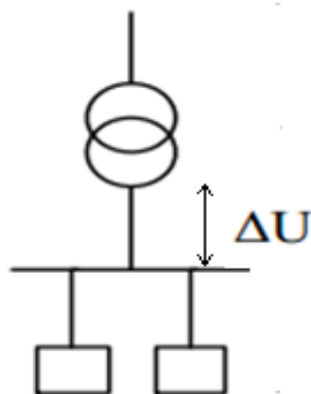
Circuit triphasés+neutre Câbles multipolaire $S_{\text{phase}} > 16\text{mm}^2$ Cu ou $25\text{mm}^2$ Alu	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}/2$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$
Circuit triphasés+neutre Câbles unipolaire $S_{\text{phase}} \geq 16\text{mm}^2$ Cu ou $25\text{mm}^2$ Alu	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}/2$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$	$S_{\text{neutre}} = S_{\text{phase}}$
(1) Circuits d'éclairage alimentant des lampes à décharge dont les tubes fluorescents dans des bureaux, ateliers, grandes surfaces, etc.			
(2) Circuits dédiés à la bureautique, l'information, appareils électroniques dans des immeubles de bureaux, centre de calcul, banques, salles de marché, magasins spécialisés, etc.			

**Tableau 3.1: Choix de la section du neutre**

Dans notre cas du d'AIC Métallurgie, la RAK spécifie dans le cahier des charges que le taux d'harmonique est inférieur à 15 %.

#### **1.2.4.. Vérification de la chute de tension**

Après le calcul de la section minimale du câble, une vérification de la chute de tension est recommandée pour s'assurer qu'elle est conforme aux normes. Elle doit être vérifiée entre l'origine de l'installation et l'utilisation. Si la chute de tension est acceptable, la section normalisée choisie est la section minimale déjà calculée, sinon, la section minimale doit être augmentée avec vérification de la chute de tension jusqu'à l'obtention d'une chute de tension conforme.



**Figure 3.2 : Chute de tension**

#### **✓ Méthodologie de calcul**

La chute de tension sur une canalisation est calculée par la formule :

(En se référant à la norme NF C 15-100)

En triphasé:

$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} \times I_b \times L \times \left[ \frac{\rho}{S} \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right] \frac{100}{U}$$

En monophasé :

$$\Delta V(\%) = 2 \times I_b \times L \times \left[ \frac{\rho}{S} \cos \varphi + \lambda \sin \varphi \right] \frac{100}{V}$$

Avec :

**L** : La longueur du conducteur en m ;

**I<sub>b</sub>** : Courant d'emploi en A ; **ρ** : La résistivité du conducteur en Ω.mm<sup>2</sup> (23 Ω.mm<sup>2</sup> pour le cuivre) ;

**S** : La section du conducteur en mm<sup>2</sup> ;

**λ** : La réactance linéique du conducteur en Ω/km, elle vaut 0.08 Ω/km pour les câbles ;

**U** : La tension nominale entre phases ;

**V** : La tension nominale entre phase et neutre.

Les normes imposent que la chute entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs du tableau suivant (Tab 3.2).

	Eclairage	Autres usages
Type A : Installation alimentées directement par un branchement à basse tension, à partir d'un réseau de distribution publique à basse tension	3%	5%
Type B : Installation alimentées par un poste de livraison ou par un poste de transformation à partir d'une installation à haute tension et installations de type A dont le point de livraison se situe dans le tableau générale BT d'un poste de distribution publique	6%	8%
<p>Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, ces chutes de tension peuvent être augmentées de 0.005 par mètre de canalisation au-delà de 100 m, sans toutefois que ce supplément soit supérieur à 0.5%</p> <p>les chutes de tension sont déterminées d'après les puissances absorbées par les appareils d'utilisation, en appliquant le cas échéant des facteurs de simultanéité, ou à défaut d'après les valeurs des courants d'emploi des circuits</p>		





**Tableau 3.2: les chutes de tension admissibles en courant alternatif**

### **1.2.5. Exemple de calcul**

Afin d'illustrer la méthodologie de calcul adopté, on se limitera sur un seul départ, du fait que le principe de calcul est le même pour le reste.

Prenons comme exemple la canalisation entre le Transformateur et le jeu de barre 380 Vac. Ainsi nous avons:

- La puissance d'utilisation est  **$S_u = 400 \text{ kVA}$** .
- La tension nominale  **$U = 380 \text{ V}$**
- Le courant d'emploi  **$I_b = \frac{S_u}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400\,000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 607,74 \text{ A}$**
- Le courant nominal : on prend la valeur normalisée juste supérieure, la protection est faite par disjoncteur, alors  **$I_n = 630 \text{ A}$**

#### **➤ Détermination des coefficients de correction f**

✓ D'après l'installation, les câbles utilisés sont :

- multiconducteurs
- Le mode de pose est: conduits profilés enterrées

➔ La lettre de sélection est D pour ce mode de pose.

- ✓ Avec une lettre de sélection D et une installation enterrée :  **$f_0 = 0,8$**  ;
- ✓ Avec une température de  $40^\circ\text{C}$  :  **$f_2 = 0,77$**  (pour un isolant PVC) ;
- ✓ Avec une lettre de sélection D et un terrain humide  **$f_3 = 1,13$**  ;
- ✓ Avec des conduits enterrés non jointifs disposés horizontalement :  **$f_8 = 1$**  ;
- ✓ Avec plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit:  **$f_9 = 0,29$** ;

On obtient ainsi :

Mode de pose	f	$I_n(\text{A})$	$I_z(\text{A})$	$S_{ph}(\text{mm}^2)$	$S_n(\text{mm}^2)$
Dans des conduits profilés enterrées	0,2	630	2685	150	95

✓ Vérification de la chute de tension:

$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} \cdot 607,74 \cdot 0,142 \cdot \left( \frac{23}{150} \cdot 0,8 + 0,08 \cdot 0,6 \right) \cdot \frac{100}{380} = 1.45$$

La chute de tension est acceptable, donc la section normalisée choisie est la section minimale déjà calculée



$$S = 150 \text{ mm}^2$$

### 1.2.6. Résultat de calcul

Le tableau dans l'**Annexe B-2**, représente un récapitulatif de calcul effectué pour trouver la section de câble minimale pour l'atelier Chaudronnerie.

N° câble	Destination	P (W)	Ib(A)	Cos φ	In(A)	Facteurs de correction					Iz (PR)	Iz(PVC)	Sph mm²(PVC))	Sph mm²(PR)	chute de tension % (PVC)
						f0	f2	f3	f8	f9					
CIRC R n°1	Transformateur	400000	607,74	0,8	630	0,8	0,85	1,13	1	0,29	2685,83	2964,88	150	400	1,45
CIRC R n°2	OXYTOME 5	2000	3,04	0,8	4	0,8	0,85	1,13	1	0,29	17,05	18,82	2,5	2,5	0,79
CIRC R n°3	MEGATOME	2000	3,04	0,8	4	0,8	0,85	1,13	1	0,29	17,05	18,82	2,5	2,5	0,66
CIRC R n°4	DAVI	7000	10,64	0,8	10	0,8	0,85	1,13	1	0,29	42,63	47,06	10	6	0,20
CIRC R n°5	Potence DC1000	51300	77,94	0,8	80	0,8	0,85	1,13	1	0,29	341,06	376,49	150	150	0,39
CIRC R n°6	COMESSA PDG(MIB)	26000	39,50	0,8	40	0,8	0,85	1,13	1	0,29	170,53	188,25	95	70	0,32
CIRC R n°7	CASANOVA	65900	100,12	0,8	125	0,8	0,85	1,13	1	0,29	532,90	588,27	150	400	0,50
CIRC R n°8	Compresseur ATLAS COPCO	3000	4,56	0,8	5	0,8	0,85	1,13	1	0,29	21,32	23,53	4	2,5	0,75
CIRC R n°9	Poste de soudage ELECTREX	17100	25,98	0,8	32	0,8	0,85	1,13	1	0,29	136,42	150,60	70	35	0,16
CIRC R n°10	Poste de soudage MAXI505	19500	29,63	0,8	32	0,8	0,85	1,13	1	0,29	136,42	150,60	70	35	0,18
CIRC R n°11	Poste de soudage ARC403	13000	19,75	0,8	20	0,8	0,85	1,13	1	0,29	85,26	94,12	35	25	0,22
CIRC R n°12	Poste de soudage FRONIUS	15120	22,97	0,8	25	0,8	0,85	1,13	1	0,29	106,58	117,65	50	25	0,19
CIRC R n°13	Poste de soudage MAXI405	13600	20,66	0,8	25	0,8	0,85	1,13	1	0,29	106,58	117,65	50	25	0,17
CIRC R n°14	Poste de soudage SAFEXM340	10660	16,20	0,8	20	0,8	0,85	1,13	1	0,29	85,26	94,12	35	25	0,18
CIRC R n°15	STRAMATIC	76000	115,47	0,8	125	0,8	0,85	1,13	1	0,29	588,27	588,27	150	400	2,91

<b>CIRC R n°16</b>	<b>Pont roulant</b>	<b>38000</b>	<b>57,74</b>	<b>0,8</b>	<b>63</b>	<b>0,8</b>	<b>0,85</b>	<b>1,13</b>	<b>1</b>	<b>0,29</b>	<b>268,58</b>	<b>296,49</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>0,48</b>
<b>CIRC R n°17</b>	<b>Pont roulant</b>	<b>38000</b>	<b>57,74</b>	<b>0,8</b>	<b>63</b>	<b>0,8</b>	<b>0,85</b>	<b>1,13</b>	<b>1</b>	<b>0,29</b>	<b>268,58</b>	<b>296,49</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>0,48</b>

### 1.3. Vérification des contraintes thermiques des câbles

Lors du passage d'un courant de court-circuit dans les conducteurs d'une canalisation pendant un temps très court (jusqu'à cinq secondes), l'échauffement est considéré adiabatique; cela signifie que l'énergie emmagasinée reste au niveau du métal de l'âme et n'est pas transmise à l'isolant. Il faut donc vérifier que la contrainte thermique du court-circuit est inférieure à la contrainte thermique admissible du conducteur.

#### 1.3.1. Méthodologie de calcul

En se référant à la norme NF C 15-100 La relation utilisée dans le calcul de la contrainte thermique est la suivante :

$$tc * I^2_{cc} \leq k^2 * S^2$$

Donc la section du conducteur doit satisfaire la condition :

$$S \geq \frac{I_{cc}}{k} \times \sqrt{t_c}$$

Avec :

**Tc** temps de coupure du dispositif de protection en seconde ;

**S** sections des conducteurs en mm<sup>2</sup> ;

**Icc** courant de court-circuit en A ;

**K** coefficient dépend du matériau de l'âme et de la nature de l'isolant ;

**PR** isolant résistant à une température de 80°C ;

**PVC** isolant résistant à une température de 80°C .

	<b>PVC</b>	<b>PR</b>
<b>Cuivre</b>	<b>115</b>	<b>135</b>
<b>Aluminium</b>	<b>74</b>	<b>87</b>

**Tableau 3.3 : Coefficient de matériau de l'âme et de la nature de l'isolant**

### ➤ Hypothèses de calcul de courant de court-circuit

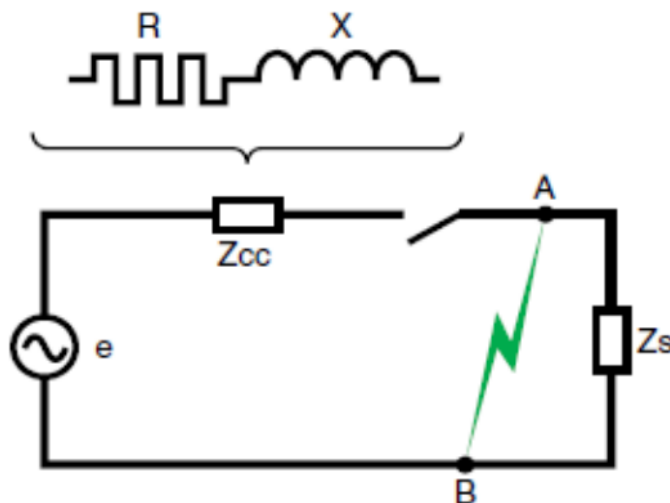
Le calcul des valeurs maximales et minimales de courants de court-circuit repose sur les simplifications énumérées ci-dessous.

- Il n'y a pas, pendant la durée du court-circuit, de modification du type de court-circuit concerné, c'est-à-dire qu'un court-circuit triphasé reste triphasé, de même qu'un court-circuit monophasé reste monophasé toute la durée du court-circuit ;
- Pendant la durée du court-circuit, il n'y a pas de modification dans le réseau concerné ;
- Les résistances d'arc ne sont pas prises en compte ;

Bien que ces hypothèses ne se vérifient pas strictement pour les réseaux d'énergie considérés, le résultat du calcul remplit l'objectif qui consiste à donner des résultats qui sont généralement d'une précision acceptable.

### ➤ Méthode de calcul des courants de court-circuit maximaux

Nous nous intéresserons au calcul du courant de court-circuit maximal, ce courant sera évalué par la méthode des impédances, puisque toutes les caractéristiques de la boucle de défauts sont connues, y compris celles de la source d'alimentation. Cette méthode est applicable à des calculs manuels et elle conduit à des résultats suffisamment précis pour la plupart des applications.



**Figure 3.3 : Schéma simplifié d'un réseau**

En effet, un réseau simplifié se réduit à une source de tension alternative, un interrupteur et une impédance  $Z_{cc}$  représentant toutes les impédances situées en amont de l'interrupteur et une impédance de charge  $Z_s$ .

Sur le schéma précédant l'interrupteur étant fermé, l'intensité  $I_s$  du courant de service qui circule dans le réseau. Un défaut d'impédance négligeable apparaissant entre les points A et B donne naissance à une intensité de court-circuit très élevée  $I_{cc}$ , limitée uniquement par l'impédance  $Z_{cc}$ .



La méthode d'impédance consiste à totaliser séparément les différentes résistances et réactances de la boucle de défaut, y compris la source, jusqu'au point considéré, puis à calculer l'impédance correspondante.

Le courant  $I_{ccmax}$  est enfin obtenu par l'application de la relation suivante :

$$I_{ccmax} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{cc}}$$

Avec  $U$  (tension composée entre phases) correspondant à la tension à vide du transformateur.

Notons qu'en basse tension, la norme NFC 15-100 applique un coefficient 1,05 à la tension nominale pour le calcul du courant de court-circuit maximal.

Le calcul de l'intensité de court-circuit se résume alors au calcul de l'impédance  $Z_{cc}$ , équivalente à toutes les impédances parcourues par  $I_{cc}$  du générateur jusqu'au point de défaut.

L'impédance équivalente est :

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2} \quad \text{En (m}\Omega\text{)}$$

Avec:

$\sum R$  Somme des résistances en série ;

$\sum X$  Somme des réactances en série ;

- **Détermination des diverses impédances de court-circuit :**

✚ *Impédance du réseau amont :*

Dans la plupart des calculs, on ne remonte pas au-delà du point de livraison de l'énergie. La connaissance du réseau amont se limite alors généralement aux indications fournies par le distributeur, à savoir uniquement la puissance de court-circuit  $S_{cc}$  (en kVA). La résistance et la réactance équivalente du réseau amont est :

$$\begin{cases} R1 = 0,1 * Zq \\ X1 = 0,995 * Zq \end{cases} \quad (\text{En m}\Omega)$$

$$Zq = \frac{m * U}{Skq}$$

Avec :

$Skq$  : Puissance de court-circuit du réseau à haute tension ( $SKq = 100$  MVA) ;

$U$  : La tension composée nominale au secondaire du transformateur ;

$m$  : Facteur de charge pris égal à 1,05, quelle que soit la source (Transformateur ou générateur).

✚ *Impédance interne du transformateur*

Cette impédance se calcule à partir de la tension de court-circuit  $U_{cc}$  exprimée en % :

$$\begin{cases} R_{tr} = 0,1 * Zq' \\ X_{tr} = 0,995 * Zq' \end{cases} \quad (\text{En } m\Omega)$$

Avec :

$$Zq' = \frac{(m * U)^2 * U_{cc}}{100 * S}$$

U : Tension composée du transformateur ;

S : Puissance apparente du transformateur ;

U<sub>cc</sub> : Tension qu'il faut appliquer au primaire du transformateur pour que le secondaire soit parcouru par l'intensité nominale I<sub>n</sub>, lorsque les bornes secondaires étant court-circuitées.

### Impédance des liaisons

L'impédance des liaisons Z<sub>L</sub> dépend de leur résistance, réactance linéiques et de leur longueur. La résistance linéique R<sub>L</sub> des canalisations se calcule par la formule suivante :

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

$\lambda = 0,09L$  câbles uni-jointifs ;

$\lambda = 0,13L$  câbles uni-espacés ;

$\lambda = 0,08L$  câbles uni-trèfles ou multiconducteurs.

Tels que :

**S** : section du conducteur;

**ρ**: sa résistivité;

**L** : sa longueur.

### 1.3.2. Résultat de calcul :

Le tableau ci-dessous, présente le résultat du calcul de courant de court-circuit et la vérification de la contrainte thermique pour l'ensemble des conducteurs de départ du transformateur vers l'atelier chaudronnerie.

Réseau A mont		Transfo		Liaison en câble N°0			
				Phase		Neutre	
R(mΩ)	X(mΩ)	R(mΩ)	X(mΩ)	R(mΩ)	X(mΩ)	R(mΩ)	X(mΩ)
0,1592	1,5	12,3	37,8	21,3	11,4	33,6	7,6

**Tableau 3.4 : les impédances du court-circuit**



N° de câble	CIRCR n°1
Destination	Transformateur
Nombre de conducteur	4
longueur	145
Section de phase (mm <sup>2</sup> )	150
Section de neutre (mm <sup>2</sup> )	95
R totale (mΩ)	33.8
X totale (mΩ)	50.6
L'impédance Z(mΩ)	60.88
Icc en KA	3.98
Scc en mm <sup>2</sup>	15.4
Vérification	Oui
Section finale (mm <sup>2</sup> )	150
	95

**Tableau 3.5 : Résultats de calcul du courant de court-circuit**

## **1.4 Protection de l'installation BT**

### **1.4.1 Choix des disjoncteurs**

Le rôle des protections est d'assurer la sécurité des personnes et des biens, ainsi que la continuité de service. Ces fonctions ne se vérifient pas que si le choix des appareils de protections est vérifiée par les normes. Les caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un disjoncteur sont :

- Le courant assigné ou courant d'utilisation dans les conditions normales.
- La courbe de déclenchement (**Annexe B-2**).
- Le pouvoir de coupure (PdC)

#### **Etude de cas :**

Prenant l'exemple du départ du transformateur vers l'atelier chaudronnerie :

- Puissance apparente utilisée :  $S = 400 \text{ VA}$  ;
- Courant de court-circuit :  $I_{cc} = 3,98 \text{ KA}$  ;
- Courant d'emploi :  $I_b = 607,74 \text{ A}$ .

En se basant sur le catalogue des références (Constructeur Schneider) exigé par le contractant, le type de disjoncteur choisi est compact NS avec

Destination	Calibre Disjoncteur en A	Courbe de Déclenchement	Pouvoir de Coupure en kA	Type de Disjoncteur	Nombre de pôles
Transformateur	630	C	10	NS250NTM630D	4P

**Tableau 3.6 : choix de disjoncteur**

## **2. Dimensionnement du transformateur**

### **1. Méthode de calcul**

En se référant à la norme NF C 15-100 qui régit l'installation basse tension on relève que pour dimensionner le transformateur, il faut déterminer la puissance apparente nominale, ce qui revient à :

- ✓ Déterminer la puissance absorbée par chaque récepteur alimenté par le transformateur.
- ✓ Calculer la puissance d'utilisation de chaque récepteur, avec  $K_u$  le facteur d'utilisation qui s'applique à un récepteur qui n'absorbe pas la totalité de la puissance nominal:
  - Les moteurs sont utilisés en général à 75% de leurs charges donc  $k_u=0.75$ .
  - L'éclairage  $K_u=1$ , car une lampe est utilisée à 100% de sa puissance nominale.
- ✓ Multiplier la somme des puissances d'utilisation des récepteurs connectés à chaque armoire par le facteur de simultanéité  $K$

Nombre de circuits	Facteur de simultanéité
2 et 3	0,9
4 et 5	0,8
6 à 9	0,7
10 et plus	0,6

**Tableau 3.7 :  $K_s$  par nombre de départ d'une armoire**

## **2. Schéma unifilaire de l'installation électrique**

Le schéma unifilaire détaillé de toute l'installation électrique comprenant les deux postes d'AIC Métallurgie est présenté dans les **annexes B-5 et B-6**.

## **3. Résultats de calcul**

Après avoir fait un calcul de toutes les puissances consommées par les différents récepteurs, et en multipliant ces puissances par un facteur de simultanéité vu que les récepteurs ne fonctionnent pas en même temps. En outre en prenant en considération l'extension des deux postes par l'application d'un facteur d'extension  $K_e$  de 1,1 pour tenir compte de l'évolution prévisible des puissances. (Voir les **annexes B-7 et B-8**)





Le tableau suivant présente le résultat auquel on a abouti :

	Puissance à fournir kVA	Extension 20%	Puissance totale kVA
Transformateur poste 1	650	130	780
Transformateur poste 2	311,02	62,2	373,22

**Tableau 3.8 : Dimensionnement du transformateur**

### **3. Conclusion**

Dans cette partie, nous avons pu dimensionner les différentes sources d'alimentation de l'atelier Chaudronnerie ainsi que les sections minimales à utiliser pour l'installation. Le travail étant fastidieux, vu le grand nombre des circuits. Pour cela nous avons élaboré des notes de calcul dans l'**annexe B**.



# *Chapitre IV*

## Evaluation et amélioration de la qualité de l'énergie

## I. Introduction

La qualité de l'électricité est devenue un sujet stratégique pour les compagnies d'électricité, les personnels d'exploitation, de maintenance ou de gestion de sites tertiaires ou industriels, et les constructeurs d'équipements.

Une dégradation de la qualité du réseau électrique, signifie que l'état d'un équipement dont les caractéristiques n'obéissent pas aux exigences des normes dont il fait objet, Elle peut être due à différentes origines.

Dans ce chapitre nous allons étudier les pertes dues au mauvais dimensionnement du transformateur, section de câble inappropriée, ainsi que l'impact des harmoniques sur le réseau électrique.

## II. Diagnostique et relevé des non-conformités

### 1. Comparaison des résultats du redimensionnement à l'état actuel de l'installation électrique

#### 1.1. Transformateur

Dans le cas de l'installation électrique d'AIC Métallurgie le tableau suivant présente une comparaison des transformateurs des postes d'alimentation de l'état actuel aux transformateurs redimensionnés précédemment.

	Puissance du Transformateur en KVA	
	Etat actuel	Puissance calculée
Poste 1	400	780
Poste 2	400	373.22

**Tableau 4.1 : Diagnostique du transformateur**

Un transformateur alimentant un ensemble d'équipements doit être choisi de telle façon que cette puissance apparente soit juste supérieure à la somme des puissances de ces équipements, autrement dit, il ne faut pas qu'il soit ni sous dimensionné ni surdimensionné. Car une deuxième contrainte s'ajoute lors du choix des transformateurs et qui concerne son échauffement. Le transformateur ne doit pas fonctionner à plus que 80% de sa puissance nominale afin d'éviter son échauffement et au augmenter ainsi sa longévité.

Pourtant, ce n'est pas le cas pour l'installation d'AIC Métallurgie.

#### 1.2. Sections de câbles



Les résultats obtenus par le redimensionnement fait dans la partie précédente sont regroupés dans le tableau ci-dessous. Afin d'étudier la conformité de l'installation aux normes, on a relevé ses données actuelles (sections des câble) et on les a comparés aux résultats de redimensionnement.



N° câble	Destination	Recommandé		Actuel	Observation	Conformité
		Sph	Sn	Sph		Oui/non
CIRC R n°1	Transformateur	150,00	95	240	sur dimensionner	Oui
CIRC R n°2	OXYTOME 5	2,50	2,5	6	sur dimensionner	Oui
CIRC R n°3	MEGATOME	2,50	2,5	4	sur dimensionner	Oui
CIRC R n°4	DAVI	10,00	10	16	sur dimensionner	Oui
CIRC R n°5	Potence DC1000	150,00	95	50	sous dimensionner	Non
CIRC R n°6	COMESSA PDG(MIB)	95,00	50	10	sous dimensionner	Non
CIRC R n°7	CASANOVA	150,00	95	25	sous dimensionner	Non
CIRC R n°8	Compresseur ATLAS COPCO	4,00	4	6	sur dimensionner	Oui
CIRC R n°9	Poste de soudage ELECTREX	70,00	50	8	sous dimensionner	Non
CIRC R n°10	Poste de soudage MAXI505	70,00	50	8	sous dimensionner	Non
CIRC R n°11	Poste de soudage ARC403	35,00	25	8	sous dimensionner	Non
CIRC R n°12	Poste de soudage FRONIUS	50,00	35	8	sous dimensionner	Non
CIRC R n°13	Poste de soudage MAXI405	50,00	35	8	sous dimensionner	Non
CIRC R n°14	Poste de soudage SAFEXM340	35,00	25	8	sous dimensionner	Non
CIRC R n°15	STRAMATIC	150,00	95	70	sous dimensionner	Non
CIRC R n°16	Pont roulant	150,00	95	16	sous dimensionner	Non
CIRC R n°17	Pont roulant	150,00	95	16	sous dimensionner	Non

CIRC R n°18	Pont roulant	150,00	95	16	sous dimensionner	Non
CIRC R n°19	Pont roulant	150,00	95	16	sous dimensionner	Non
CIRC R n°20	Pont roulant	150,00	95	16	sous dimensionner	Non
CIRC R n°21	Pont roulant	150,00	95	16	sous dimensionner	Non
CIRC R n°22	VERNET BEHRINGER	150	95	50	sous dimensionner	Non
CIRC R n°23	AKYAPAK	70	2,5	25	sous dimensionner	Non

**Tableau 4.2 : Diagnostic des câbles**

Une section de câble est jugée non conforme si elle est plus petite que celle donnée par le calcul, puisque un câble plus il est épais moins le passage du courant électrique provoque l'échauffement de l'âme du conducteur.

D'après ce tableau on constate plusieurs anomalies relatives au choix des sections des câbles.

### III. Etude de l'impact des harmoniques sur le réseau électrique

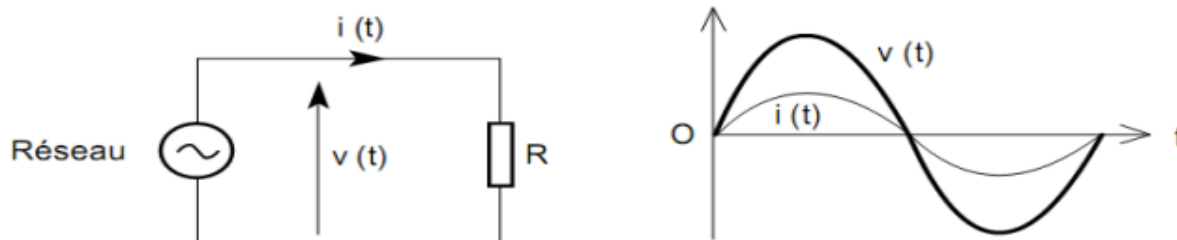
Vu l'absence d'un analyseur de spectre cette partie se limitera dans l'étude théorique

#### 1. Généralités sur les perturbations harmoniques

En théorie, l'énergie électrique est distribuée grâce à un réseau triphasé équilibré présentant des tensions sinusoïdales. Selon leurs caractéristiques d'entrée, certaines charges peuvent perturber cette distribution.

##### 1.1. Charges linéaires

Une charge est dite linéaire si le courant qu'elle absorbe est sinusoïdal lorsqu'elle est alimentée par une tension sinusoïdale. Ce type de récepteur ne génère pas d'harmoniques.



**Figure 4.1 : Forme d'onde d'une charge linéaire**

## 1.2. Charges non linéaires

Une charge est dite “ non linéaire ” ou déformante si le courant absorbé n’est pas sinusoïdale lorsqu’elle est alimentée par une tension sinusoïdale. Ce type de récepteur est générateur d’harmoniques.

Ex. : Alimentation à découpage, moteurs au démarrage, mise sous tension de transformateurs, Variateur de vitesse, poste de soudage ; ...

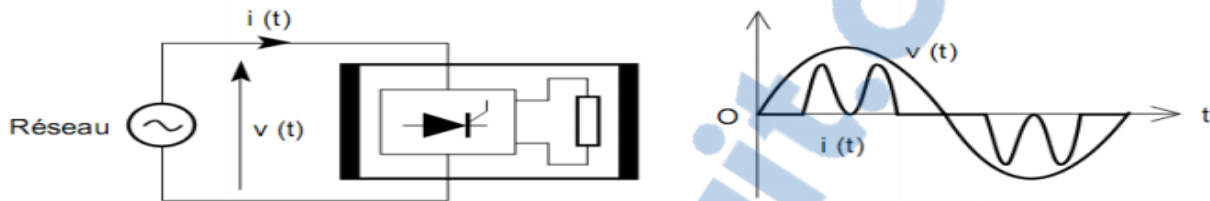


Figure 4.2 : Forme d'onde d'une charge non linéaire

Les harmoniques proviennent principalement de ce type de charges dont la caractéristique est d’absorber un courant qui n’a pas la même forme que la tension qui les alimente. Ce courant est riche en composantes harmoniques.

Ces courants harmoniques circulant à travers les impédances du réseau créent des tensions harmoniques qui peuvent perturber le fonctionnement des autres utilisateurs raccordés à la même source.

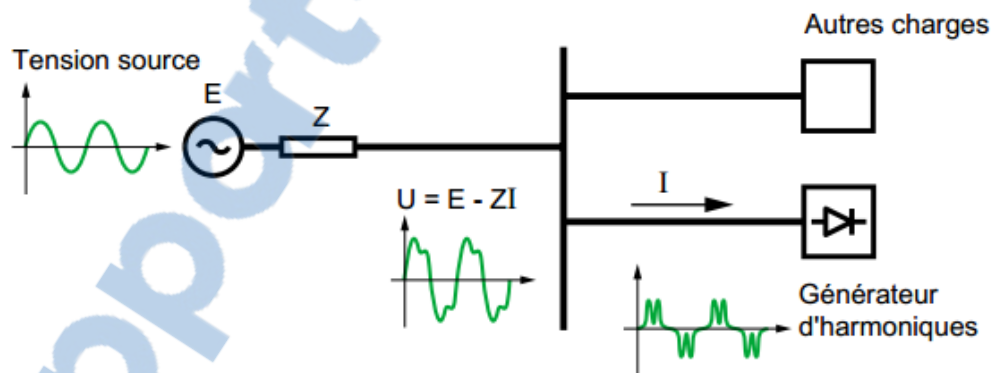


Figure 4.3 : dégradation de la tension du réseau par une charge non linéaire

## 2. Mesure du courant dans le neutre

En prélevant le courant traversant chacun des neutres des ateliers constituant les Poste 1 et Poste 2 à l’aide du pince ampérométrique, on a obtenu les résultats suivant :

	Destination	Intensité du courant dans le neutre (A)
Poste 1	Atelier Chaudronnerie et Sablage	9
	Atelier Charpente	17
	Galvacier	9
Poste 2	Atelier Usinage	9
	Atelier Solaire	10
	GENA	6
	Sogetrama	4
	Aic Signalisation	12

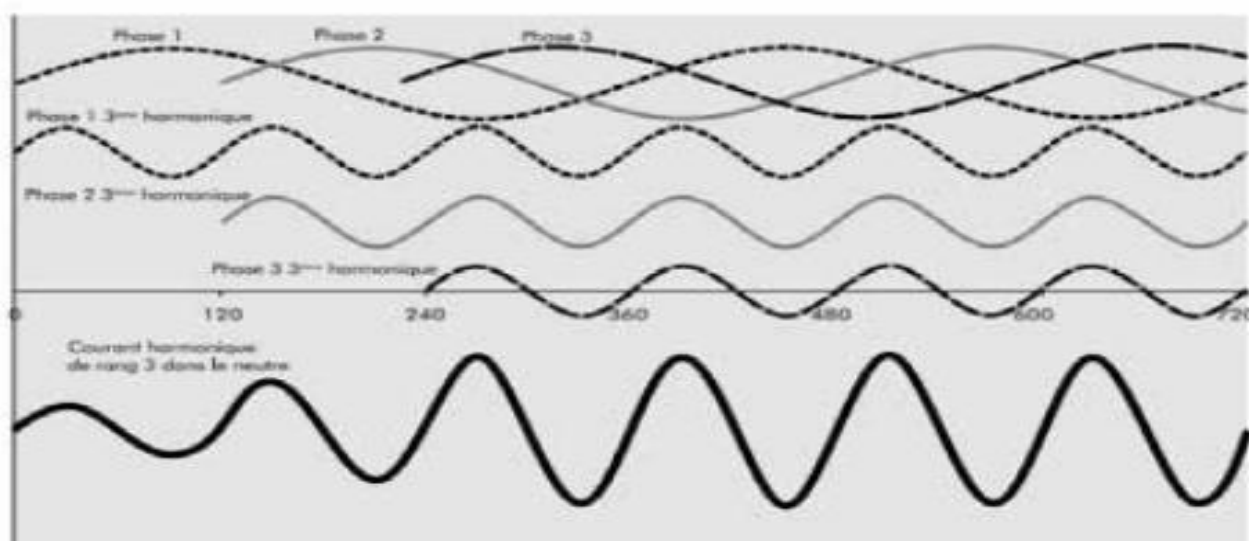
**Tableau 4.3 : Mesure du courant dans le neutre**

On remarque qu'on a un système déséquilibré, le courant dans le neutre est différent de la valeur zéro en plus du surchauffe du neutre. Ceci est dû au déséquilibre des charges.

Dans un système triphasé, la tension est déphasée de  $120^\circ$  si bien que lorsque les charges sont égales, le courant résultant dans le neutre est nul. Lorsque les charges ne sont pas équilibrées, seule la résultante de la somme des courants de retour se retrouve dans le neutre.

Ce principe était admis est a conduit à un sous dimensionnement du neutre. Néanmoins, la somme des courants de phase s'annulent, mais la résultante des courants harmoniques est différente de zéro.

Ces courants qui sont les multiples impairs de la fréquence du courant de phase s'ajoutent au neutre. Cet effet est illustré à la figure suivante.



**Figure 4.4 : addition des courants harmoniques de rang 3 dans le neutre**



### 3. Origines de dégradation de la qualité de l'énergie électrique

Pour ses activités, AIC Métallurgie utilisent un pack machines divers, cette partie sera dédiée à étudier au prélèvement des charges responsables d'harmoniques.

En étudiant les charges utilisées on a pu détecter les principaux générateurs d'harmoniques, et qui sont principalement les variateurs de vitesses, l'onduleur, les lampes fluorescentes et les machines à souder.

Ci –après la forme d'onde de courant ainsi que le spectre de quelques exemples de ces charges perturbateurs :

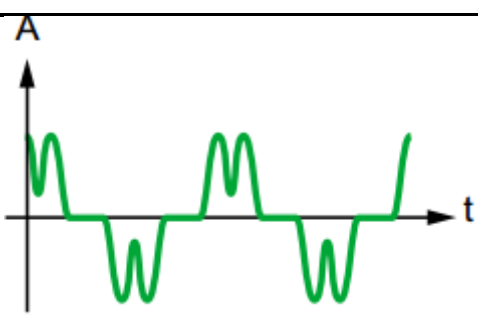
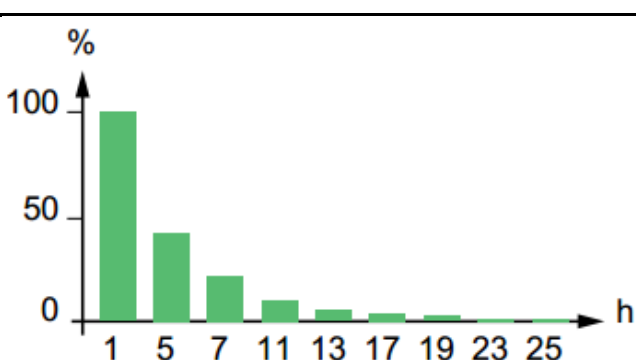
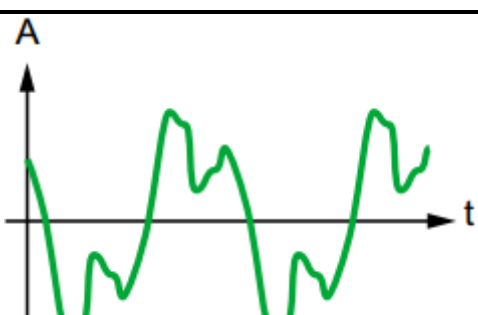
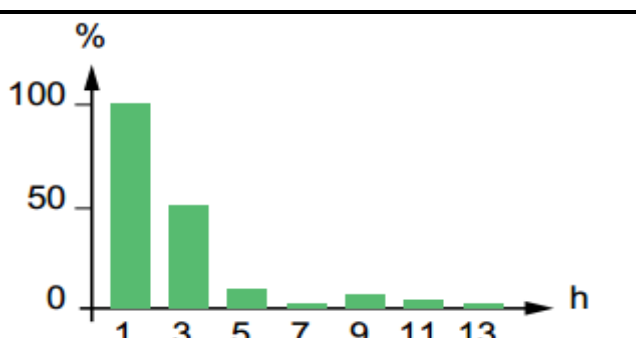
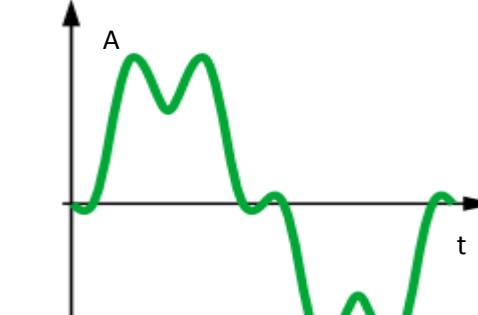
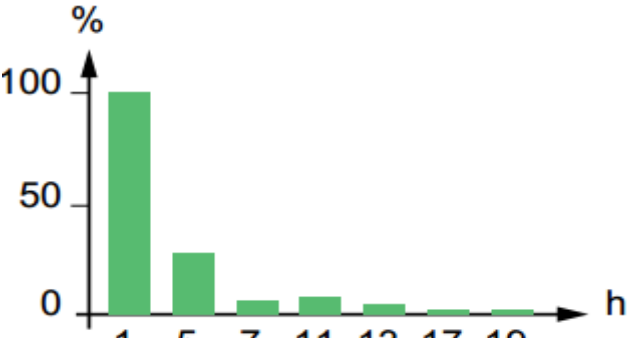
Charge non linéaire	Forme d'onde de courant	Spectre	THD
Variateur de vitesse			44%
Eclairage fluorescent			53 %
Machine à souder			28%

Figure 4.5 caractéristiques de quelques générateurs d'harmoniques

### 3.1. Les effets des harmoniques sur l'installation électrique

Les objectifs de cette partie est d'anticiper les risques que présente la circulation des courants harmoniques dans le réseau de l'installation.

#### 3.1.1. Phénomène de résonance

L'association sur les réseaux d'éléments capacitifs et inductifs entraîne l'apparition des phénomènes de résonance. Ceux-ci se manifestent par des valeurs extrêmement élevées ou extrêmement faibles des impédances. Ces variations d'impédance vont modifier les courants et tensions présents sur le réseau. Ce qui est illustré ci-après :

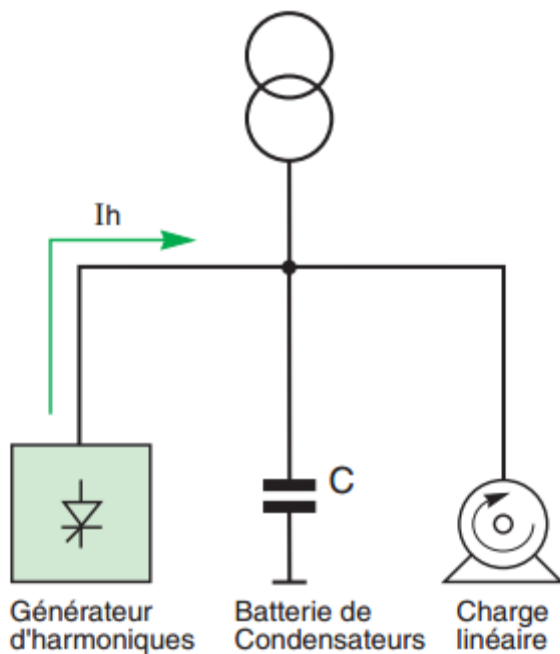


Figure 4.6 : Schéma réel d'une installation

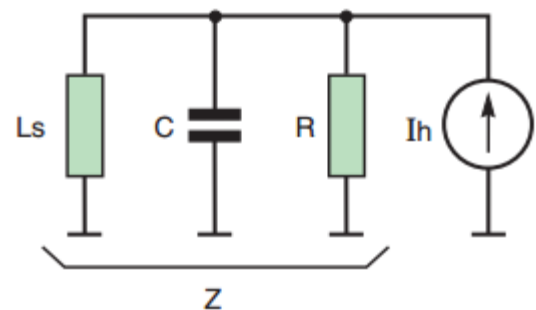


Figure 4.7 : Schéma équivalent de l'installation

$L_s$  : inductance de l'alimentation (réseau + transformateur + ligne) ;

$C$  : capacité de compensation ;

$R$  : résistance des charges linéaires ;

$I_h$  : courant harmonique.

Ce risque sera augmenté si le réseau est peu chargé en récepteurs actifs. Dans ces conditions, les courants harmoniques du rang de résonance sont alors intenses dans le réseau et présentent un risque pour les condensateurs.



### **3.1.2. Pertes dans les transformateurs**

Les courants harmoniques circulant dans les transformateurs provoquent une augmentation des pertes dans les bobinages par effet Joule. Par ailleurs, les tensions harmoniques sont responsables de pertes fer par hystérésis et par courant de Foucault.

### **3.1.3. Des pertes dans les conducteurs**

Les câbles et les jeux de barres sont considérés comme une résistance en série avec une inductance. Donc, des pertes par effets de joule supplémentaires seront créées par les harmoniques. Par conséquent, les câbles doivent être surdimensionnés.

## **IV. Conclusion**

Le mauvais dimensionnement de l'installation électrique entraîne des pertes énergétiques importantes, ainsi que la pollution harmonique dont l'impact économique dans l'installation est :

- ✓ L'augmentation des dépenses énergétiques ;
- ✓ Mauvais fonctionnement ou arrêt d'une machine ;
- ✓ Le vieillissement accéléré du matériel ;
- ✓ Les pertes de productivité ;
- ✓ Les vibrations dans les moteurs.



# Conclusion générale

L'étude que nous avons effectuée s'inscrit dans le cadre de l'optimisation de la consommation d'énergie au niveau d'AIC Métallurgie-Kenitra. Après la collecte d'informations sur les différentes charges consommatrices d'énergie, nous avons procédé à leur analyse. Dès lors, les gisements potentiels d'économie d'énergie ont été ciblés.

Des solutions ainsi que différentes recommandations ont par la suite été proposées. Ceci fait, nous sommes parvenus à élaborer les projets suivants :

## **Pour le réseau MT/BT :**

En effectuant des analyses approfondies sur la facture énergétique et en faisant une gestion efficace de l'énergie électrique on aboutit :

- Une économie de **369 908,21 DH** annuelle en décalant la production pendant les heures de pointe vers les heures creuses.
- Optimisation de la puissance souscrite, ce qui permettra de générer un gain de **15 158 DH**

## **Pour le réseau BT :**

En redimensionnant l'installation électrique d'AIC Métallurgie ainsi que les postes d'alimentation et en comparant les résultats obtenus avec l'état actuel on a pu prélever plusieurs non conformités à savoir : sections de câbles non adéquates et transformateur mal dimensionner.

## **Pour la qualité de l'énergie électrique :**

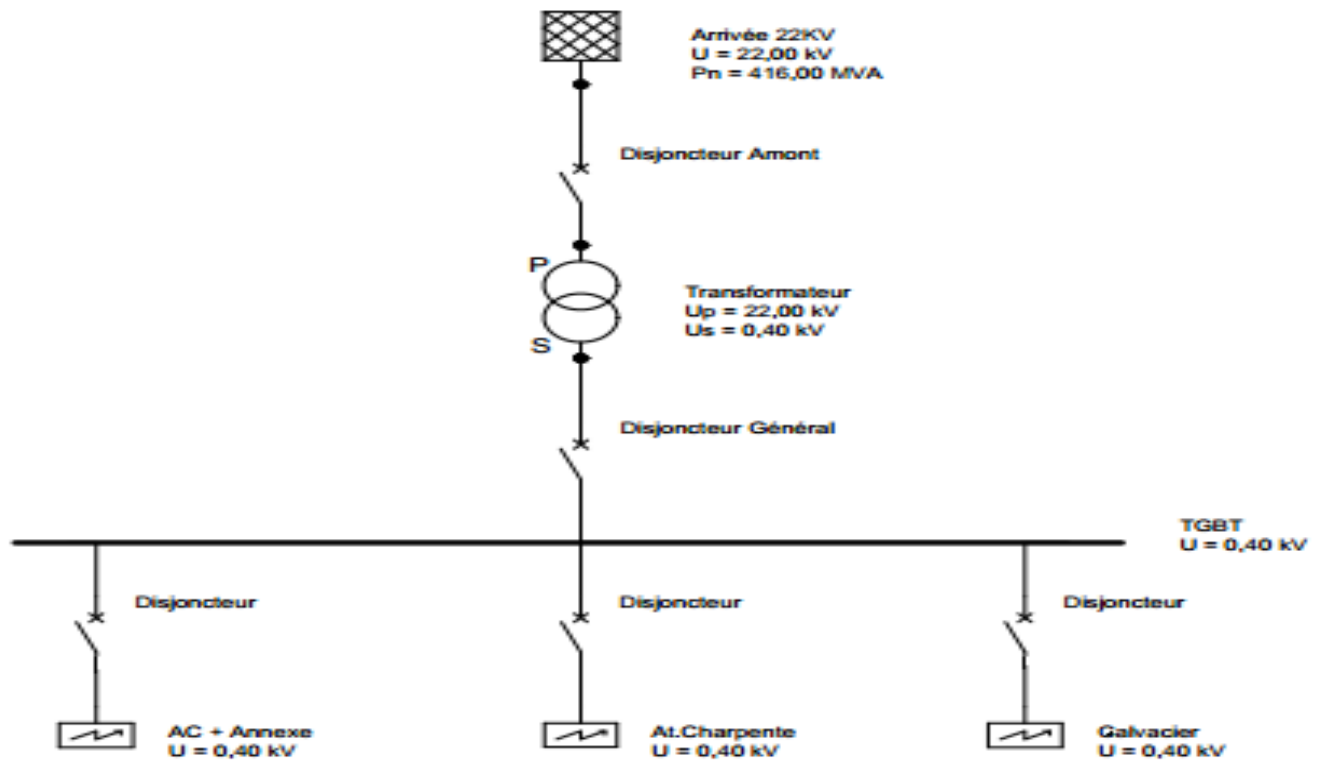
Nous avons proposé des recommandations pour éliminer les non-conformités relevées :

- Redimensionnement de l'installation électrique.
- Utiliser un analyseur de spectre pour pouvoir détecter les perturbations au niveau du réseau et ainsi les éliminées

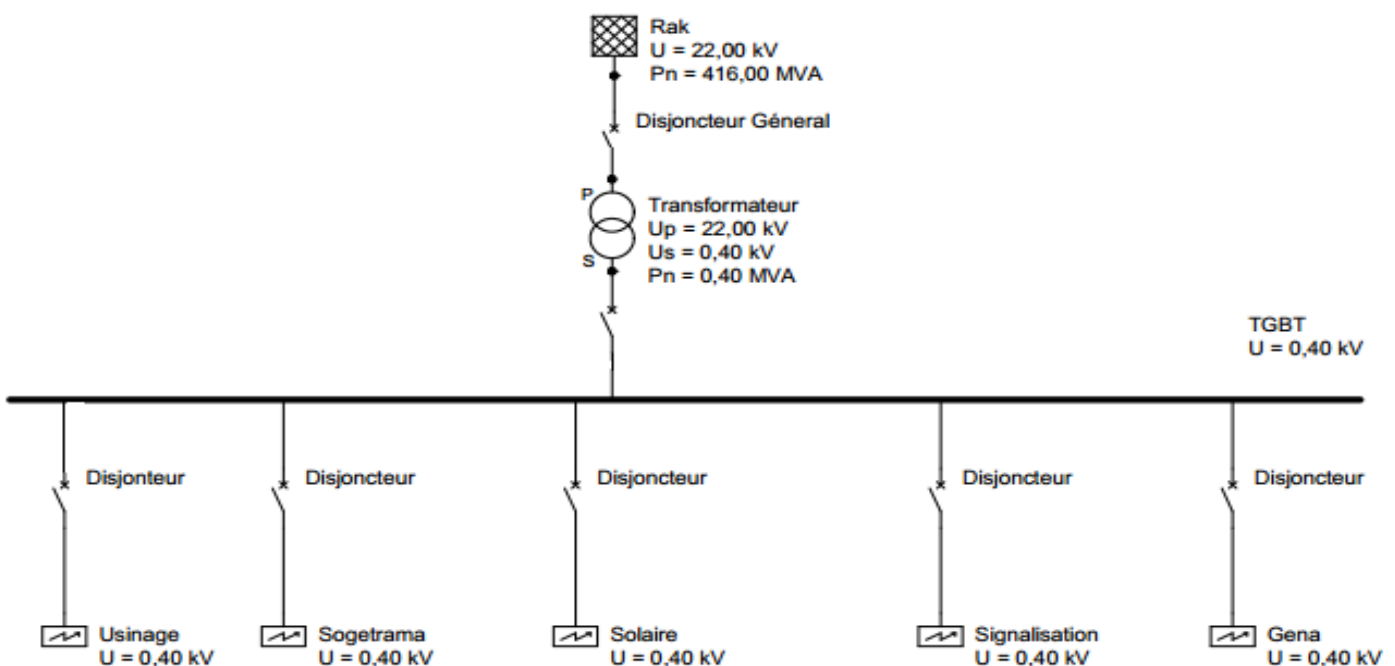
La réalisation de notre projet nous a montré que l'optimisation de la consommation d'énergie passe par un travail multidisciplinaire comportant les volets techniques administratifs, et commerciaux constituant ainsi un véritable challenge. Nous sommes persuadés que nos propositions concernant l'optimisation de la consommation énergétique seront adoptées dans les plus brefs délais, et ce pour assurer une meilleure rentabilité et de faire de ce projet un acteur performant dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements au sein d'AIC Métallurgie.

# ANNEXE A : Evaluation et analyse de la consommation d'énergie électrique

## Annexe A-1 : système de distribution poste1



## Annexe A-2 : système de distribution poste 2





## Annexe A-3 : Factures d'électricité pour l'année 2014

Poste 1	Mois de consommation	Janvier	avril	mai	juin	juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
	P installée (KVA)	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	P souscrite (KVA)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Indice de Maximum(KW)	261,88	276,00	310,36	300,43	276,71	239,30	243,08	273,83	256,85
	P apparente appelée max (KVA)	278	300	333	322	295	265	268	297	275
	Dépassement de Puissance souscrite (KVA)	178	200	233	222	195	165	168	197	175
	Pénalités pour dépassement P souscrite (DH)	8566,25	9625,00	11213,13	10683,75	9384,38	7940,63	8085	9480,63	8421,88
	Redevance de puissance souscrite (DH)	3210	3210	3210	3210	3210	3210	3210	3210	3210
	cos phi	0,942	0,92	0,932	0,933	0,938	0,903	0,907	0,922	0,934
	pénalité pour mauvais cos phi (DH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Consommation en heures creuses (KWh)	16508	24830	31880	27663	35833	21068	24682	26474	26664
	Consommation en heures normales (KWh)	32723	44941	54947	45789	45152	39270	42638	37381	38004
	Consommation en heures pointes (KWh)	15558	18369	24041	22186	14963	17425	19948	16245	19492
	Cout HC (DH)	9175,15	13800,5	17718,9	15375,1	19915,9	11709,6	13718,2	14714,2	14819,85
	Cout HN (DH)	28387,2	38986,3	47666,5	39721,9	39169,3	34066,7	36988,4	32428,02	32968,47
	Cout HPT(DH)	20443,2	24136,8	31589,8	29152,4	19661,3	22896,4	26211,6	21345,9	25612,49
	Intérêts de retard(DH)	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
	prime fixe(DH)	32,08	32,08	32,08	32,08	32,08	32,08	32,08	32,08	32,08
	Coût moyen du KWH (DH HT)	1,077	1,018	1,0049	1,026	0,95	1,026	1,011	1,013	1,0105
	Consommation totale(KWh)	64789	88140	110868	95638	95948	77763	87268	80100	84160
	Consommation totale (DH)	58005,5	76923,7	96975,3	84249,4	78746,7	68672,7	76918,4	68488,2	73400,81



# Poste 2

Mois de consommation	Janvier	Mai	juillet	Juin	Aout	Septembre	Octobre	Décembre
P installée (KVA)	400	400	400	400	400	400	400	400
P souscrite (KVA)	60	60	60	60	60	60	60	60
Indice de Maximum(KW)	276,17	355,32	380,57	356,90	340,70	375,23	360,89	364,95
P apparente appelée max (KVA)	285	378	404	385	364	416	391	392
Dépassement de Puissance souscrite (KVA)	225	318	344	325	304	356	331	332
Pénalités de dépassement P souscrite(DH)	10834,03	15312,10	16564,03	15649,16	14637,98	17141,85	15938,06	15986,22
Redevances de puissance souscrite (DH)	1926	1926	1926	1926	1926	1926	1926	1926
cos phi	0,969	0,94	0,942	0,927	0,936	0,902	0,923	0,931
pénalité pour mauvais cos phi (DH)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Consommation en heures creuses (KWh)	7194	21137	27052	22520	25569	23968	25206	22350
Consommation en heures normales (KWh)	35226	59227	53804	57819	53766	62460	46939	42189
Consommation en heures pointes (KWh)	11087,00	18913,00	13724,00	21528,00	15051,00	17290,00	13897,00	17540,00
Cout HC (DH)	3998,43	11747,94	15035,50	12516,62	14211,25	13321,41	14009,49	12422,13
Cout HN (DH)	30558,56	51379,42	46674,97	50157,98	46642,01	54184,05	40719,58	36598,96
Cout HPT(DH)	14568,32	24851,68	18033,34	28287,79	19777,01	22719,06	18260,66	23047,56
Intérêts de retard(DH)	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
prime fixe(DH)	32,10	32,10	32,10	32,10	32,10	32,10	32,10	32,10
Coût moyen du KWh (DH HT)	1,16	1,06	1,04	1,07	1,03	1,05	1,06	1,10
Consommation totale(KWh)	53507	99277	94580	101867	94386	103718	86042	82079
Consommation totale (DH)	49125,30	87979,05	79743,81	90962,39	80630,27	90224,52	72989,74	72068,65



## Annexe A-4 : consommation et montants payés par poste horaire

### ❖ Poste1

Mois	Janvier	Avril	Mai	juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre	Total
HN(KWh)	32 723	44 941	54 947	45 789	45 152	39 270	42 638	37 381	38 004	380 845
HP(KWh)	15 558	18 369	24 041	22 186	14 963	17 425	19 948	16 245	19 492	168 227
HC(KWh)	16 508	24 830	31 880	27 663	35 833	21 068	24 682	26 474	26 664	235 602
Total(KWh)	64 789	88 140	110 868	95 638	95 948	77 763	87 268	80 100	84 160	784 674

	Janvier	Avril	Mai	juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre	total	Pourcentage
HN (DH)	28387,20	38986,32	47666,52	39721,9	39169,36	34066,73	36988,47	32428,02	32968,47	330383,04	48,42%
HP(DH)	20443,21	24136,87	31589,87	29152,4	19661,38	22896,45	26211,67	21345,93	25612,49	221050,28	32,39%
HC (DH)	9175,15	13800,51	17718,90	15375,1	19915,98	11709,59	13718,26	14714,25	14819,85	130947,59	19,19%
Total(DH)	58005,56	76923,70	96975,30	84249,4	78746,72	68672,77	76918,39	68488,20	73400,81	682380,91	100,00%

### ❖ Poste 2

	Janvier	Mai	juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre	total	Utilisation
HN (kWh)	35226	59227	53804	57819	53766	62460	46939	42189	411430	57,51%
HP (kWh)	11087	18913	13724	21528	15051	17290	13897	17540	129030	18,03%
HC (kWh)	7194	21137	27052	22520	25569	23968	25206	22350	174996	24,46%
Tot (kWh)	53507	99277	94580	101867	94386	103718	86042	82079	715456	100,00%

	Janvier	Mai	juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Décembre	total	Pourcentage
HN(DH)	30558,56	51379,42	46674,97	50157,98	46642,01	54184,05	40719,58	36598,96	356915,53	57,22%
HP(DH)	14568,32	24851,68	18033,34	28287,79	19777,01	22719,06	18260,66	23047,56	169545,42	27,18%
HC(DH)	3998,43	11747,94	15035,50	12516,62	14211,25	13321,41	14009,49	12422,13	97262,78	15,59%
Total(DH)	49125,30	87979,05	79743,81	90962,39	80630,27	90224,52	72989,74	72068,65	623723,72	100,00%




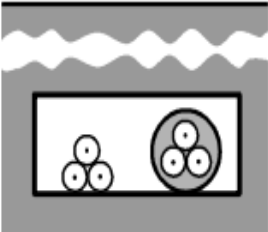
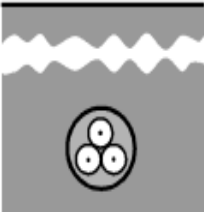

## Annexe A-4 : consommation et montants



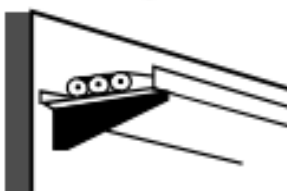
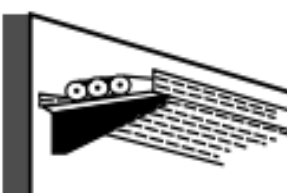
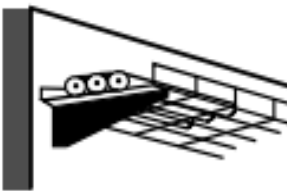

Poste 1	Mois	cos $\phi$	puissance appelée max (KVA)	puissance souscrite (KVA)	dépassement de Ps	RPS (DH)	RDPS(DH)	Total RPS+RDPS	Puissance réactive appelée max (KVAR)	Puissance appelée max (KVA) Pour cos $\phi$ =0,98
	1	0,942	278	100	178	3210	8570,7	11780,7	93,3	267,22
	4	0,92	300	100	200	3210	9630	12840	117,57	281,63
	5	0,932	333	100	233	3210	11218,95	14428,95	120,69	316,68
	6	0,933	322	100	222	3210	10689,3	13899,3	115,88	306,55
	7	0,938	295	100	195	3210	9389,25	12599,25	102,25	282,35
	8	0,903	265	100	165	3210	7944,75	11154,75	113,85	244,17
	9	0,907	268	100	168	3210	8089,2	11299,2	112,86	248,03
	10	0,922	297	100	197	3210	9485,55	12695,55	114,99	279,42
	12	0,934	275	100	175	3210	8426,25	11636,25	98,25	262,09
	Total		2633	900	3533	28890	83443,95	123970,2	989,67	3428,09

Poste 2	Mois	cos $\phi$	puissance appelée max (KVA)	puissance souscrite (KVA)	dépassement de Ps	RPS (Dhs)	RDPS(Dhs)	Total RPS+RDPS	Puissance réactive appelée max (KVAR)	Puissance appelée max (KVA) Pour cos $\phi$ =0,98
	1	0,942	285	60	225	3210	10833,75	14043,75	95,64	273,94
	5	0,932	378	60	318	3210	15311,7	18521,7	137	359,48
	6	0,933	385	60	325	3210	15648,75	18858,75	138,55	366,53
	7	0,938	404	60	344	3210	16563,6	19773,6	140,04	386,68
	8	0,903	364	60	304	3210	14637,6	17847,6	156,38	335,4
	9	0,907	416	60	356	3210	17141,4	20351,4	175,19	385,01
	10	0,922	391	60	331	3210	15937,65	19147,65	151,39	367,85
	12	0,934	392	60	332	3210	15985,8	19195,8	140,05	373,6
	Total		3015	480	3495	25680	122060,25	166936,05	1134,27	2791,55

# ANNEXE B : Redimensionnement de l'installation électrique

## AnnexeB-1 mode de pose et coefficient de correction

Exemple	Description	N°	Lettre de sélection	Facteurs de correction à appliquer				
				$f_0$	$f_2$	$f_3$	$f_8$	$f_9$
	Câbles mono ou multi-conducteurs dans des conduits ou dans des conduits profilés enterrés	61	D	0,8	$f_2$	$f_3$	$f_8$	$f_9$
								
	Câbles mono ou multi-conducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire	62	D	1	$f_2$	$f_3$	$f_{10}$	–
	Câbles mono ou multiconducteurs enterrés avec protection mécanique complémentaire	63	D	1	$f_2$	$f_3$	$f_{10}$	–

Exemple	Description	N°	Lettre de sélection		Facteurs de correction			
					$f_0$	à appliquer		
     	Câbles mono ou multiconducteurs avec ou sans armure :							
	- fixés sur un mur	11	C	1	$f_1$	$f_4$	$f_5$	
	- fixés à un plafond	11A	C	0,95	$f_1$	$f_4$	$f_5$	
	- sur des chemins de câbles ou tablettes non perforés	12	C	1	$f_1$	$f_4$	$f_5$	
	câbles							
	multi-conducteurs	mono-conducteurs						
	- sur des chemins de câbles ou tablettes perforés en parcours horizontal ou vertical	13	E	F	1	$f_1$	$f_4$	$f_5$
	- sur des corbeaux	14	E	F	1	$f_1$	$f_4$	$f_5$
- sur des échelles à câbles	16	E	F	1	$f_1$	$f_4$	$f_5$	

Facteurs de correction pour des températures ambiantes différentes de 30 °C (canalisations non enterrées) :  $f_1$



Températures ambiantes (°C) $\theta_0$	Isolation		
	Elastomères (caoutchouc) $\theta_p = 60\text{ °C}$	PVC $\theta_p = 70\text{ °C}$	PR et EPR $\theta_p = 90\text{ °C}$
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58
75	-	-	0,50
80	-	-	0,41
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-

- ✚ Facteurs de correction pour des températures du sol différentes de 20 °C (canalisations enterrées) : f2

Températures du sol $\theta_0$ (°C)	Isolation	
	PVC $\theta_p = 70\text{ °C}$	PR et EPR $\theta_p = 90\text{ °C}$
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

- ✚ Facteurs de correction pour les canalisations enterrées, en fonction de la résistivité thermique du sol : f3



Résistivité thermique du terrain K.m/W	Facteur de correction	Observations			
		Humidité	Nature du terrain		
0,40	1,25	pose immergée	marécages		
0,50	1,21	terrain très humide	sable		
<b>0,70</b>	<b>1,13</b>	<b>terrain humide</b>		argile et calcaire	
0,85	1,05	terrain dit normal			
1,00	1,00	terrain sec			
1,20	0,94				
1,50	0,86	terrain très sec			
2,00	0,76				
2,50	0,70				
3,00	0,65				cendres et mâchefer

✚ Câbles multiconducteurs ou groupes de câbles mono conducteurs jointifs : f4

N° des modes de pose	Nombre de câbles multiconducteurs ou groupes de câbles monoconducteurs jointifs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
21, 22A, 23A, 24A, 25, 31, 31A, 32, 32A, 33A, 34A, 41, 43	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
11, 12	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles		
11A	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
<b>13</b>	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	<b>0,72</b>			
14, 16	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

✚ Câbles multiconducteurs ou groupes de câbles mono conducteurs disposés en plusieurs couches : f5

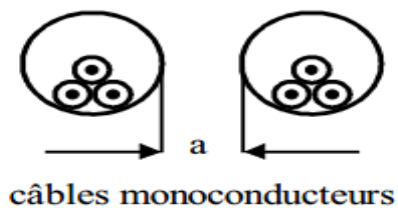
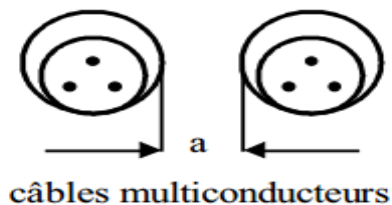
Nombre de couches	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et plus
Facteurs de correction $f_5$	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

**Remarque :**

**On n'a pas de conducteurs disposés en plusieurs couches on prendra  $f_5=1$**

- ✚ Facteurs de correction pour conduits enterrés non jointifs disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de 3 câbles mono conducteurs par conduit :  $f_8$

Nombre de conduits	Distance entre conduits (a)		
	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,93	0,95	0,97
3	0,87	0,91	0,95
4	0,84	0,89	0,94
5	0,81	0,87	0,93
6	0,79	0,86	0,93



### Remarque :

La distance entre les conduits est nul on prendra alors  $f_8=1$

Facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré:  $f_9$

Disposition de circuits ou de câbles jointifs	Facteurs de correction											
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Posés dans un conduit enterré	1	0,71	0,58	0,5	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

## AnnexeB-2 : calcul des sections de câbles



# Atelier Chaudronnerie

N° câble	Destinati- on	L (m)	P (W)	Ib(A)	Cos φ	In (A)	Facteurs de correction					Iz (PR)	Iz (PVC)	Sph mm²(PVC))	Sph mm²(PR)	chute de tension %(PVC)	Sn (mm²)
							f0	f2	f3	f8	f9						
CIRC R n°1	Transformateur	142	400000	607,74	0,8	630	0,8	0,85	1,13	1	0,29	2685,83	2964,88	150	400	14,50	95
CIRC R n°2	OXYTOME 5	36	2000	3,04	0,8	4	0,8	0,85	1,13	1	0,29	17,05	18,82	2,5	2,5	0,79	2,5
CIRC R n°3	MEGATOME	30	2000	3,04	0,8	4	0,8	0,85	1,13	1	0,29	17,05	18,82	2,5	2,5	0,66	2,5
CIRC R n°4	DAVI	10	7000	10,64	0,8	10	0,8	0,85	1,13	1	0,29	42,63	47,06	10	6	0,20	10
CIRC R n°5	Potence DC1000	30	51300	77,94	0,8	80	0,8	0,85	1,13	1	0,29	341,06	376,49	150	150	0,39	95
CIRC R n°6	COMESSA PDG(MIB)	34	26000	39,50	0,8	40	0,8	0,85	1,13	1	0,29	170,53	188,25	95	70	0,32	50
CIRC R n°7	CASANOVA	30	65900	100,12	0,8	125	0,8	0,85	1,13	1	0,29	532,90	588,27	150	400	0,50	95
CIRC R n°8	Compresseur ATLAS COPCO	36	3000	4,56	0,8	5	0,8	0,85	1,13	1	0,29	21,32	23,53	4	2,5	0,75	4
CIRC R n°9	Poste de soudage ELECTREX	20	17100	25,98	0,8	32	0,8	0,85	1,13	1	0,29	136,42	150,60	70	35	0,16	50
CIRC R n°10	Poste de soudage MAXI505	20	19500	29,63	0,8	32	0,8	0,85	1,13	1	0,29	136,42	150,60	70	35	0,18	50
CIRC R n°11	Poste de soudage ARC403	20	13000	19,75	0,8	20	0,8	0,85	1,13	1	0,29	85,26	94,12	35	25	0,22	25
CIRC R n°12	Poste de soudage FRONIUS	20	15120	22,97	0,8	25	0,8	0,85	1,13	1	0,29	106,58	117,65	50	25	0,19	35
CIRC R n°13	Poste de soudage MAXI405	20	13600	20,66	0,8	25	0,8	0,85	1,13	1	0,29	106,58	117,65	50	25	0,17	35



CIRC R n°14	Poste de soudage SAFEXM340	20	10660	16,20	0,8	20	0,8	0,85	1,13	1	0,29	85,26	94,12	35	25	0,18	25
CIRC R n°15	STRAMATIC	150	76000	115 ,47	0,8	125	0,8	0,85	1,13	1	0,29	588,27	588,27	150	400	2,91	95
CIRC R n°16	Pont roulant	50	38000	57,74	0,8	63	0,8	0,85	1,13	1	0,29	268,58	296,49	150	120	0,48	95
CIRC R n°17	Pont roulant	50	38000	57,74	0,8	63	0,8	0,85	1,13	1	0,29	268,58	296,49	150	120	0,48	95
CIRC R n°18	Pont roulant	42	38000	57,74	0,8	63	0,8	0,85	1,13	1	0,29	268,58	296,49	150	120	0,41	95
CIRC R n°19	Pont roulant	42	38000	57,74	0,8	63	0,8	0,85	1,13	1	0,29	268,58	296,49	150	120	0,41	95
CIRC R n°20	Pont roulant	42	38000	57,74	0,8	63	0,8	0,85	1,13	1	0,29	268,58	296,49	150	120	0,41	95
CIRC R n°21	Pont roulant	42	38000	57,74	0,8	63	0,8	0,85	1,13	1	0,29	268,58	296,49	150	120	0,41	95
							f0	f1	f4	f5							
CIRC R n°22	VERNET BEHRINGER	80	85000	129,14	0,8	160	1	0,91	0,72	1	0,29	231,99	231,99	150	95	1,74	95,00
CIRC R n°23	AKYAPAK	120	57200	86,91	0,8	100	1	0,91	0,72	1	0,29	144,99	144,99	70	50	3,18	50,00





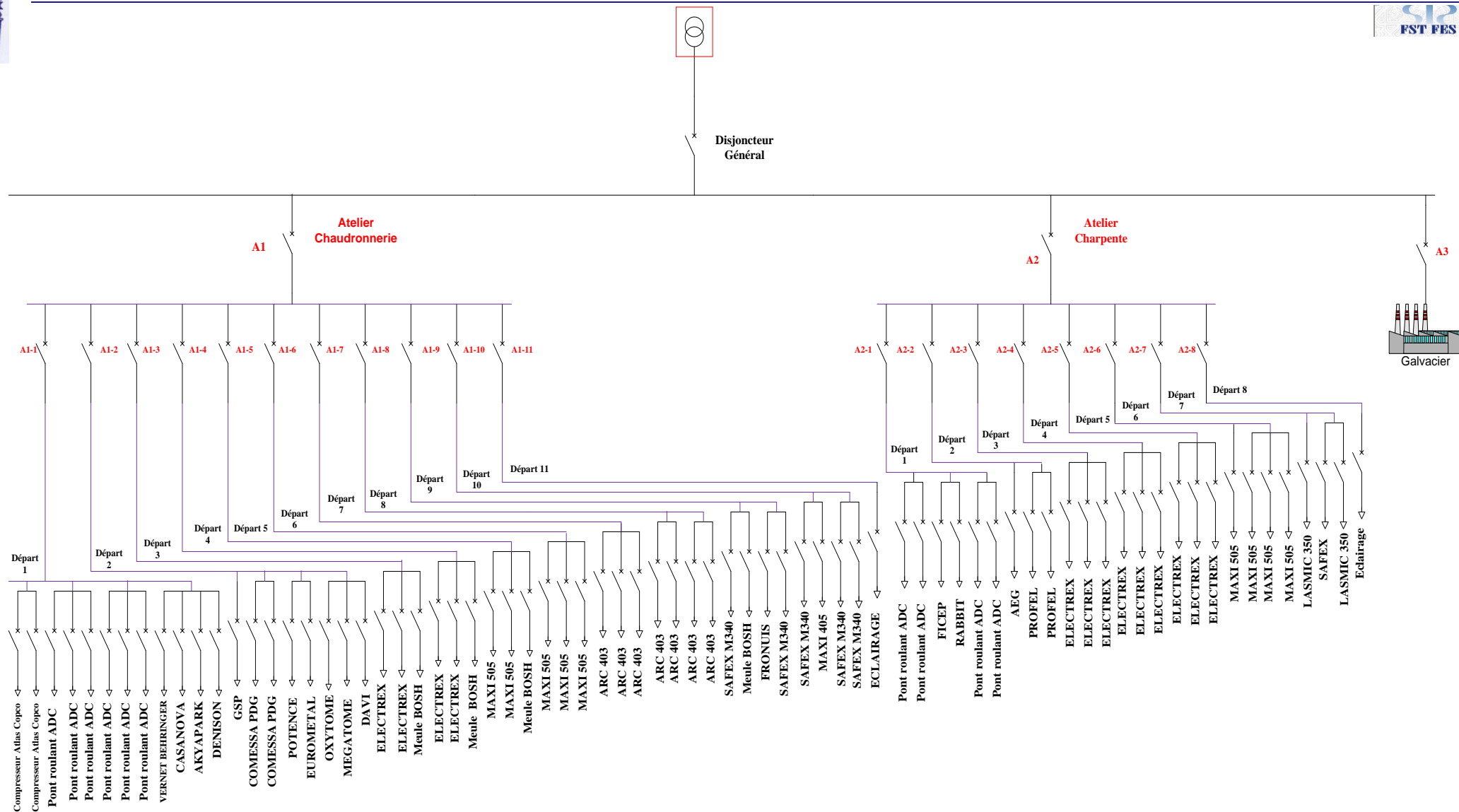
### AnnexeB-3 : courbes de déclenchement et courants normalisés

Nous rappelons les cinq types de courbes de déclenchement avec leurs cas d'utilisation :

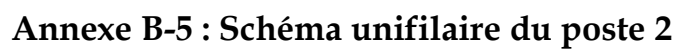
<b>courbe B</b>	Déclenchement : 3 à 5 In	<b>Utilisation</b> : protection des générateurs, des câbles de grande longueur et des personnes dans les régimes IT et TN
<b>courbe C</b>	Déclenchement : 5 à 10 In	<b>Utilisation</b> : applications courantes
<b>Courbe D</b>	Déclenchement : 10 à 14 In	<b>Utilisation</b> : protection des circuits à fort appel de courant
<b>Courbe Z</b>	Déclenchement : 2,4 à 3,6 In	<b>Utilisation</b> : protection des circuits électroniques
<b>Courbe MA</b>	Déclenchement : 12,5 In	<b>Utilisation</b> : protection des départs moteurs

#### Courant normalisés

1	2	3	4	5	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----



Annexe B-4 : Schéma unifilaire du poste 1





## AnnexeB-6 : Dimensionnement du transformateur du poste 1

		Récepteur	Qté	P (KVA)	Ku	Qté*P*Ku	Ks	P1 (KVA)	Ks	P2 (KVA)	Ks	P3 (KVA)	Ks	P (kVA)			
Poste 1	Atelier Chaudronnerie et sablage	Dép 1	Compresseur	2	2,4	0,75	3,6	0,9	3,24	0,8	202,76	0,60	434,80	0,9	649,98		
			ELECTREX	1	13,68	0,75	10,26	0,9	26,78								
			MAXI505	1	15,6	0,75	11,7										
			ARC403	1	10,4	0,75	7,8									0,90	21,27
			FRONIUS	1	12,10	0,75	9,07										
			MAXI405	1	10,88	0,75	8,16										
			SAFEXM340	1	8,53	0,75	6,40	0,8	105,17								
			Pont Roulant	3	47,90	0,75	107,77									0,90	96,99
			VERNET	1	68	0,75	51										
			CASANOVA	1	52,72	0,75	39,54										
			AKYAPAK	1	45,76	0,75	34,32										
			DENISON	1	8,8	0,75	6,6	0,8	51,51								
		Dép 2	GSP	1	1,76	0,75	1,32			1	1,32						
			COMESSA (CP)	1	20,8	0,75	15,6			0,9	28,08						
			COMESSA (CG)	1	20,8	0,75	15,6										
			POTENCE DC	1	41,04	0,75	30,78			0,9	29,05						
			EUROMETAL	1	2	0,75	1,5										
			OXYTOME 5	1	1,6	0,75	1,2			0,9	5,94						
			MEGATOME	1	1,6	0,75	1,2										
			DAVI	1	5,6	0,75	4,2										
		Dép 3	ELECTREX	3	13,68	0,75	30,78	0,9	31,59	1	31,59						
			Meule	3	1,92	0,75	4,32										
		Dép 4	ELECTREX	3	13,68	0,75	30,78	0,9	31,59	1	31,59						
			Meule	3	1,92	0,75	4,32										
		Dép 5	MAXI 505	3	15,6	0,75	35,1	0,9	27,59	1	27,59						
			Meule	3	1,92	0,75	4,32										
		Dép 6	MAXI 505	3	15,6	0,75	35,1	0,7	275,94	1	275,94						
			Meule	3	1,92	0,75	4,32										
		Dép 7	ARC 403	3	10,4	0,75	23,4	0,9	21,06	1	21,06						
		Dép 8	ARC 403	2	10,4	0,75	15,6	0,9	14,04	0,9	25,27						
			ARC 403	2	10,4	0,75	15,6									0,9	14,04

Atelier charpente	Dép 9	Meule	5	0,72	0,75	2,7	0,8	2,16	0,9	24,83	0,6	176,55
		SAFEX M 340	2	8,53	0,75	12,792	0,9	11,51				
		FRONUIS	1	12,10	0,75	9,072	0,9	13,92				
		SAFEXM340	1	8,53	0,75	6,396						
	Dép 10	SAFEXM340	1	8,53	0,75	6,396	0,9	16,29	0,9	25,02		
		MAXI 505	1	15,60	0,75	11,7						
		SAFEXM340	2	8,53	0,75	12,792						
	Dép 11	Eclairage	52	0,40	1	20,8	0,6	12,48	0,6	7,488		
	Dép 1	Pont roulant	2	47,90	0,75	71,844	0,9	64,66	0,9	132,02		
		FICEP	1	22,16	0,75	16,62	0,9	17,37				
		RABBIT	1	3,57	0,75	2,6802						
		Pon roulant	2	47,90	0,75	71,844	0,9	64,66				
	Dép 2	AEG	1	0,14	0,75	0,108	1	0,11	0,9	12,54		
		PROFEL	2	10,24	0,75	15,36	0,9	13,82				
	Dép 3	Meule	5	1,92	0,75	7,2	0,8	5,76	0,9	30,12		
		ELECTREX	3	13,68	0,75	30,78	0,9	27,70				
Dép 4	ELECTREX	3	13,68	0,75	30,78	0,9	27,70	0,9	30,12			
	Meule	5	1,92	0,75	7,2	0,8	5,76					
Dép 5	ELECTREX	3	13,68	0,75	30,78	0,9	27,70	0,9	25,81			
	Meule	2	0,72	0,75	1,08	0,9	0,97					
Dép 6	MAXI 505	1	15,6	0,75	11,7	1	11,70	0,9	38,961			
	MAXI 505	3	15,6	0,75	35,10	0,90	31,59					
Dép 7	LASMIC 350	1	8,25	0,75	6,19	1	6,19	0,9	15,77			
	SAFEX	1	8,53	0,75	6,40	1	11,33					
	LASMIC 350	1	8,25	0,75	6,19	1						
Dép 8	Eclairage	62	0,4	1	24,80	0,6	14,88	0,6	8,928			
Galvacier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		110,85

## AnnexeB-7 : Dimensionnement du transformateur du poste 2

			Récepteur	Qté	P (KVA)	Ku	Qté*P* Ku	Ks	P1 (KVA)	Ks	P2 (KVA)	Ks	P3 (KVA)	Ks	P (kVA)		
Poste 2	Atelier Usinage et Solaire	Dép 1	GRAFFENSTADEN	1	48	0,75	36	1	36	1	36	0,6	194,7	0,8	311,01		
		Dép 2	GAMBIN	1	2,06	0,75	1,548	1	1,54	1	1,54						
		Dép 3	Machine Tour	1	1,47	0,75	1,103	1	1,1	1	1,13						
		Dép 4	Pont roulant	4	47,8	0,75	143,68	0,8	114,9	0,7	107,6						
			Meule	4	1,92	0,75	5,76	0,8	4,6								
		Dép 5	ELECTREX	6	13,68	0,75	61,56	0,7	36,9	0,6	73,8						
			Meule	6	0,72	0,75	3,24										
			ELECTREX	6	13,68	0,75	61,56									0,7	43,09
			ELECTREX	6	13,68	0,75	61,56									0,7	43,09
		Dép 6	ELECTREX	6	13,68	0,75	61,56	0,7	43,09	0,7	43,09						
		Dép 7	Eclairage	83	0,4	0,75	24,9	0,6	14,94	0,6	14,94						
	SOGETRAMA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	41,5					
	Aic Signalisation	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	110,9					
	GENA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	41,5					

**Avec :**

$$P1 = Qté \cdot P \cdot Ku \cdot Ks ;$$

$$P2 = P1 \cdot Ks ;$$

$$P3 = P2 \cdot Ks ;$$

$$P = P3 \cdot Ks.$$



# Références

## Bibliographie

- Support de cours : L'utilisation Rationnelle de l'énergie électrique ;
- Support de cours : Qualité de l'énergie électrique ;
- Audit et gestion énergie électrique
- Détermination\_des\_sections\_de\_conducteurs- Schneider Electric ;
- Documentation constructeur GENERAL ELECTRIC.
- Guide de protections des réseaux industriels- Schneider Electric ;
- La qualité de l'énergie électrique- Schneider Electric ;
- Echos Centrelec
- La norme NF C 15-100

## Web-graphie

- <http://www.energieplus-lesite.be>
- <http://www.transfo-matelec.com/immerges.htm>
- <http://oee.nrcan.gc.ca>
- [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)
- [http://www.openelectrical.org/wiki/index.php?title=Main\\_Page](http://www.openelectrical.org/wiki/index.php?title=Main_Page)
- <http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/3361/3361-ct199.pdf>

## Résumé

Face à la hausse du prix de l'énergie et des dépenses énergétiques, la gestion de la consommation énergétique s'avère de plus en plus indispensable pour les entreprises.

C'est le cas d'**AIC Métallurgie**, qui a mis l'efficacité énergétique au cœur de ses préoccupations. Dans ce cadre, il m'a été proposé de faire une étude sur l'optimisation de la consommation d'énergie électrique de l'usine.

Dans un premier temps, j'ai déterminé les principaux consommateurs d'énergie de l'usine. Ce après quoi j'ai procédé à la détection d'anomalies au niveau de la consommation et plus précisément au niveau de dimensionnement des installations électrique, ce qui m'a permis de cibler les gisements potentiels d'économie d'énergie.

Finalement, des solutions d'efficacité énergétique ont été proposées.

**Mots clés : dépenses énergétiques, gestion de l'énergie, efficacité énergétique**

## Abstract

Faced to the rising of energy prices and energy expenditures, management of energy consumption is increasingly essential for companies.

This is the case of AIC Métallurgie, which put energy efficiency at the heart of its concerns. In this context, it was proposed to conduct a study on optimizing the consumption of electric and thermal energy within the plant AIC Métallurgie.

First, I will determined the main consumers of energy from the plant. After which I proceeded to the detection of anomalies in consumption, which allowed me to target potential energy savings deposits. Finally, energy efficiency solutions have been proposed.

**Key words: energy expenditures, management of energy, energy efficiency**